



Kevin Pinheiro de  
Castro

Domótica - Desenvolvimento de uma  
solução integradora





Kevin Pinheiro de  
Castro

## Domótica - Desenvolvimento de uma solução integradora

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob orientação científica do Doutor José Paulo Oliveira Santos, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro e do Doutor Rui António da Silva Moreira, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro.



## **O júri / The jury**

Presidente / President

**Prof. Doutora Mónica Sandra Abrantes de Oliveira Correia**

Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Vogais / Committee

**Prof. Doutor José Paulo Oliveira Santos**

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (orientador)

**Prof. Doutor Rui António da Silva Moreira**

Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro (coorientador)

**Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia**

Professor Catedrático da Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos / Acknowledgements**

A realização desta dissertação inserida no plano curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica foi possível com o apoio de algumas pessoas a quem quero expressar o meu agradecimento.

Gostaria de agradecer especialmente ao meu orientador, Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos, e ao meu coorientador, Professor Doutor Rui António da Silva Moreira pela sua supervisão, conselhos e pela disponibilidade manifestada.

Agradeço também ao Sr. Engenheiro António Almeida, à Professora Edite Miranda e à Marina Isabel Mota.

Por último, gostaria de deixar um especial agradecimento aos meus pais e amigos pelo apoio e incentivo na concretização deste trabalho.





## Palavras-chave

Domótica, X10, EIB, KNX, CEBus, LonWorks, Autómatos industriais, Módulos RF, Xbee, comunicação Rs232.

## Resumo

O conceito da domótica é hoje em dia uma realidade presente nos edifícios, na medida em que a instalação de um sistema domótico num edifício permite aos utilizadores um maior conforto, uma maior segurança e uma melhor gestão energética.

Atualmente, existe uma grande oferta de sistemas domóticos no mercado, nomeadamente das tecnologias X10, *European Installation Bus* (EIB), KONNEX, CEBus e LonWorks. Neste sentido, foi elaborada uma breve introdução destas cinco tecnologias.

Após esta breve introdução, é apresentada uma solução integradora (arquitetura apresentada) para o controlo de grandes edifícios e também de pequenas habitações. A solução apresentada interliga várias tecnologias, tais como, a tecnologia X10, a tecnologia EIB, autómatos industriais, e dispositivos RF (desenvolvidos ao longo do projeto), permitindo a comunicação entre elas.

Seguidamente foi implementada parte da solução apresentada numa habitação, nomeadamente os dispositivos RF e os autómatos industriais. Os dispositivos RF foram utilizados para controlar a iluminação e os sistemas de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionada) da habitação. Em relação ao autómato industrial, este foi utilizado para controlar a abertura e fecho de portões e portas de acesso e sistemas de rega.

Por último, para completar a solução apresentada, foi desenvolvido um equipamento central (elemento fundamental para o funcionamento da solução apresentada). A partir deste equipamento foi possível interligar os dispositivos RF com o autómato industrial, permitindo a comunicação entre ambas.



**Keywords**

Domotic, X10, EIB, KNX, CEBus, LonWorks, Industrial automations (PLC), RF modules, Xbee, Rs232 communication.

**Abstract**

The domotic concept is currently a reality in buildings, so far as the installation of a domotic system in a building gives users a greater comfort, improved security and better energy management.

There is presently a wide range of domotic systems on the market, namely the X10, European Installation Bus (EIB), KONNEX, CEBus and LonWorks technologies. Therefore a brief introduction of these five technologies was prepared.

After this brief introduction an integrating solution was provided (architecture shown) for the management of large buildings and also of small houses. This solution links various technologies, such as, the X10 technology, the EIB technology, industrial automations (PLC) and RF devices (developed during the project), permitting communication between them.

Subsequently part of the solution shown was implemented in a house, namely the RF devices and the industrial automations. The RF devices were used to manage the lighting and HVAC (Heating, Ventilation and Air Condition) of the building. As for the industrial automation, these were used to control the opening and closing of entrance gates and doors and watering systems.

Finally, to complete the solution shown, a central equipment was developed (basic device for the operation of this solution). This equipment made it possible to interlink the RF devices with the industrial automation, making the communication between them possible.



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento . . . . .	1
1.2	Motivação . . . . .	2
1.3	Objetivos . . . . .	3
1.4	Estrutura da Dissertação . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Estado da Arte</b>	<b>5</b>
2.1	Sistema X10 . . . . .	5
2.1.1	Comunicação entre os módulos X10 . . . . .	6
2.1.2	Formação da Mensagem . . . . .	7
2.2	European Installation Bus (EIB) . . . . .	10
2.2.1	Características do sistema EIB . . . . .	11
2.2.2	Comunicação através do cabo de cobre entrançado . . . . .	12
2.2.3	Comunicação através da rede elétrica . . . . .	13
2.2.4	Topologia do sistema EIB . . . . .	14
2.2.5	Endereço físico . . . . .	16
2.2.6	Endereço de grupo . . . . .	17
2.2.7	EIB Interworking Standards (EIS) . . . . .	19
2.2.8	Estrutura dos telegramas (mensagens) . . . . .	20
2.3	Tecnologia KONNEX . . . . .	21
2.3.1	Meios de comunicação . . . . .	23
2.4	Tecnologia CEBus . . . . .	23
2.4.1	Meios de Comunicação . . . . .	24
2.4.2	Estrutura das mensagens . . . . .	26
2.5	Sistema LonWorks . . . . .	27
2.5.1	Protocolo de comunicação LanTalk . . . . .	28
2.5.2	Endereçamento . . . . .	29

2.5.3	Estrutura das mensagens . . . . .	30
2.5.4	Serviço de mensagens . . . . .	32
2.6	Comparação dos sistemas . . . . .	33
2.7	Projetos relacionados com domótica . . . . .	35
2.7.1	Building Intelligence Open System (BIOS) . . . . .	35
2.7.2	Wireless Communication in Home and Building Automation . . . . .	36
2.7.3	VisãoWeb - Vigilância e controlo remoto . . . . .	36
2.7.4	A Zigbee-based monitoring and protection system for building electrical safety . . . . .	37
<b>3</b>	<b>Arquitetura proposta</b>	<b>39</b>
3.1	Sistemas de comunicação . . . . .	40
3.1.1	Comunicação Dispositivo RF - Dispositivo RF . . . . .	40
3.1.2	Comunicação Dispositivo RF - Computador . . . . .	42
3.1.3	Comunicação Dispositivo RF - Autómato . . . . .	42
3.1.4	Comunicação Dispositivo RF - Sistema X10 . . . . .	44
3.1.5	Comunicação Dispositivo RF - Sistema EIB . . . . .	46
3.1.6	Comunicação Sistema EIB - Sistema X10 . . . . .	47
3.1.7	Comunicação Computador - Equipamento central . . . . .	49
<b>4</b>	<b>Implementação</b>	<b>51</b>
4.1	Desenvolvimento dos dispositivos RF . . . . .	52
4.1.1	Fonte de alimentação . . . . .	54
4.1.2	Desenvolvimento das placas Xbee . . . . .	57
4.1.3	Dispositivo RF transmissor . . . . .	58
4.1.4	Dispositivo RF Recetor . . . . .	63
4.2	Comunicação com o autómato industrial . . . . .	67
4.2.1	Mensagens ModBus - ASCII . . . . .	69
4.3	Equipamento central . . . . .	71
4.4	Hardware e interface gráfica para o computador . . . . .	76
<b>5</b>	<b>Conclusão</b>	<b>81</b>

# Lista de Tabelas

2.1	Comandos disponíveis na tecnologia X10 [4] . . . . .	9
2.2	Funções definidas na norma EIS [5] . . . . .	19
2.3	Configurações possíveis de um <i>acknowledge</i> [5] . . . . .	21
2.4	Camadas do modelo OSI [14] . . . . .	29
2.5	Meios de comunicação suportados pelos sistemas . . . . .	34
2.6	Numero de dispositivos suportados por cada sistema . . . . .	35
3.1	Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Autômato) . . . . .	43
3.2	Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Sistema X10) . . . . .	45
3.3	Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Sistema EIB) . . . . .	46
3.4	Conversões predefinidas (Sistema EIB - Sistema X10) . . . . .	48
4.1	Correspondência dos endereços . . . . .	60
4.2	Cálculo do LRC . . . . .	70





# Lista de Figuras

2.1	Dispositivo X10 [3]	6
2.2	Representação do envio dos bits no sistema X10 [4]	7
2.3	Estrutura da mensagem do sistema X10	8
2.4	Exemplo da transmissão de um comando, no caso A2 ON [4]	10
2.5	Diferença entre sistema centralizado e descentralizado	12
2.6	Cabo YCYM utilizado no sistema EIB.TP [6]	12
2.7	Representação do envio dos bits do sistema EIB através do cabo de cobre entrançado [7]	13
2.8	Representação do envio dos bits do sistema EIB através da rede elétrica	14
2.9	Topologias de rede EIB	15
2.10	Topologia EIB em árvore [7]	16
2.11	Endereço físico de um dispositivo EIB	16
2.12	Endereços de grupos EIB	18
2.13	Exemplo do envio de um telegrama no sistema EIB [5]	18
2.14	Organização dos campos de um telegrama EIB [7]	21
2.15	Rede típica CEBus [9]	25
2.16	Estrutura da mensagem CEBus [12]	26
2.17	Rede de controlo LonWorks [14]	28
2.18	Formato das tramas MPDUs LonWorks	31
2.19	<i>Kit</i> de iniciação X10 [15]	33
3.1	Arquitetura proposta	39
3.2	Estrutura da mensagem proposta RF	41
3.3	Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Dispositivo RF	41
3.4	Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Computador	42
3.5	Estrutura da mensagem <i>Modbus</i> /Rs232	43
3.6	Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Autómato	44

3.7	Estrutura da mensagem X10 . . . . .	45
3.8	Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Sistema X10 . . . . .	46
3.9	Estrutura da mensagem EIB . . . . .	47
3.10	Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Sistema EIB . . . . .	47
3.11	Exemplo da comunicação Sistema EIB - Sistema X10 . . . . .	48
3.12	Exemplo da comunicação Computador - Equipamento central . . . . .	49
4.1	Representação dos parâmetros a controlar . . . . .	51
4.2	Módulos RF . . . . .	52
4.3	Funcionamento dos módulos RF . . . . .	53
4.4	Topologias de rede Xbee [16] . . . . .	53
4.5	Módulo Xbee ( <i>MAXStream</i> ) [17] . . . . .	54
4.6	Fonte de alimentação 1 . . . . .	55
4.7	Fonte de alimentação 2 . . . . .	56
4.8	Fonte de alimentação desenvolvida . . . . .	56
4.9	Esquema elétrico da placa Xbee desenvolvida . . . . .	57
4.10	Placa Xbee desenvolvida . . . . .	57
4.11	Esquema elétrico do dispositivo RF transmissor . . . . .	59
4.12	Variação da tensão à saída do potenciômetro . . . . .	59
4.13	Fluxograma da função "timer" do dispositivo RF transmissor . . . . .	61
4.14	Fluxograma da função "main" do dispositivo RF transmissor . . . . .	62
4.15	Dispositivo RF transmissor montado . . . . .	63
4.16	Esquema elétrico do dispositivo RF recetor . . . . .	64
4.17	Algoritmo utilizado na detecção da mensagem . . . . .	65
4.18	Fluxograma da função "main" do dispositivo RF recetore . . . . .	66
4.19	Dispositivo RF recetor montado . . . . .	67
4.20	Autómato industrial (FATEK-FBs-20MC) . . . . .	67
4.21	Programa <i>WinProladder</i> . . . . .	68
4.22	Configuração da porta 3 (Rs232) . . . . .	68
4.23	Configuração do endereço do autómato . . . . .	69
4.24	Mensagem <i>ModBus - ASCII</i> . . . . .	69
4.25	Interface para testar a comunicação com o autómato . . . . .	70
4.26	Esquema elétrico do equipamento central . . . . .	72
4.27	Processo usado quando o equipamento central recebe os caracteres "IA1LF" . . . . .	73

4.28	Processo utilizado quando o equipamento central recebe os caracteres "IC5LF" . . . . .	73
4.29	Exemplo da configuração dos módulos Xbee . . . . .	74
4.30	Conversão das tensões TTL para tensões Rs232 . . . . .	74
4.31	Fluxograma do código inserido no equipamento central . . . . .	75
4.32	Equipamento central montado . . . . .	76
4.33	Esquema elétrico do <i>hardware</i> para o computador . . . . .	77
4.34	<i>Hardware</i> para o computador montado . . . . .	77
4.35	Janela principal da interface gráfica para controlar e monitorizar a habitação. . . . .	78
4.36	Menu "Configuração dos endereços" . . . . .	79
4.37	Janela da configuração dos endereços do quarto 1 . . . . .	79
4.38	Menu "Registos" . . . . .	79
4.39	Menu "Conf. Porta" . . . . .	80



# Capítulo 1

## Introdução

Atualmente, pensa-se cada vez mais em conforto, poupança energética devido à atual conjuntura económica e em aproveitamento de tempo a fim de executar as imensas tarefas planeadas para os nossos dias. Esta visão em relação à realidade leva-nos a ambicionar mais, a pensar em metas mais desafiantes, criando uma forma de gerar o conforto para as pessoas atarefadas do nosso século, nomeadamente, em termos de conforto habitacional.

A ideia de criar um sistema integrador na área da domótica pareceu uma boa forma de divulgar esta área cada vez mais procurada pelos mercados, considerando também que esta é uma boa oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, no Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica.

### 1.1 Enquadramento

O termo domótica (sistema de automação residencial) resulta da junção da palavra "Domus", que significa casa, com a palavra "Robótica", que significa controlo automatizado. Desta forma, pode-se referir que a "domótica" é uma tecnologia recente, que visa a automatização de casas através do seu controlo e monitorização, permitindo a gestão de recursos habitacionais como o aquecimento, os eletrodomésticos, o controlo de acessos, entre outros, através de um comando remoto, da internet, do computador pessoal ou, ainda, do telemóvel.

A domótica surgiu nos anos 80 e as suas primeiras instalações consistiam na liga-

ção de sensores e atuadores, interligados a uma unidade de controlo. Esta unidade de controlo agregava toda a inteligência necessária para controlar uma habitação. Contudo, estes sistemas apresentavam desvantagens, tais como serem quase sempre proprietários, pouco flexíveis e de custo elevado.

Com o passar dos anos, a redução dos custos do *hardware* contribuiu para que se iniciasse a produção em massa de sensores e atuadores, dotados de inteligência suficiente para implementar uma rede local de controlo distribuído. Aliada a este tipo de arquitetura distribuída, a domótica apoia-se também nas novas tecnologias standards como o X10, o *European Installation Bus* (EIB), o KONNEX (KNX), o CEBus e o LonWorks. Desta forma, as novas instalações domóticas são mais fáceis de implementar e de utilizar devido à sua flexibilidade, modularidade e custo mais reduzido.

A utilização de um sistema domótico num edifício apresenta como vantagens a segurança, o conforto, a gestão energética, a comunicação remota, entre outras.

Quanto às desvantagens, é de salientar o seu elevado custo de investimento, apesar da existência de diversos sistemas domóticos, a necessidade de recorrer a técnicos especializados e, aquando da utilização de uma tecnologia proprietária, ficar dependente de um fabricante.

## 1.2 Motivação

Apesar da grande variedade de sistemas para o controlo de edifícios e habitações, os custos dos equipamentos para este fim ainda apresentam valores elevados. A principal causa deste custo elevado está relacionada com a falta de interligação entre os vários sistemas, pois sempre que um utilizador escolhe um sistema, terá de continuar sempre com esse mesmo sistema, originando um cliente fixo.

Se houvesse a possibilidade de interligar vários sistemas, seria muito vantajoso, era um bom início para uma nova expansão tecnológica nesta área e uma redução no preço dos equipamentos, a médio e longo prazo.

Com essa interligação seria possível ter dois ou mais sistemas a funcionar num

edifício ou habitação, permitindo ao utilizador optar pelos dispositivos de mais baixo preço e aproveitar instalações mais antigas, de forma a interligá-las com sistemas recentes. Assim, a concorrência na área da domótica seria maior.

## 1.3 Objetivos

Todas as tecnologias referidas na introdução evoluíram. A domótica oferece um presente com muito mais conforto do que há 35 anos atrás. Mas, apesar de toda a evolução nesta área, faltou um pormenor crucial - a interligação entre sistemas de diferentes fabricantes.

Consequentemente, esta dissertação tem como objetivo apresentar uma solução para o controlo e monitorização de habitações e de grandes edifícios, capaz de utilizar diferentes sistemas, nomeadamente, o sistema X10, o sistema EIB, autómatos industriais e dispositivos de radiofrequência (RF).

Após ser apresentada a solução, esta dissertação também tem como objetivo implementar a solução apresentada numa habitação, pretendendo-se controlar os seguintes parâmetros da habitação:

- A iluminação;
- O sistema de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado);
- Sistemas de rega;
- Portas de acesso;
- Portões de acesso.

Outro objetivo é o desenvolvimento de um programa para ambiente Windows, capaz de oferecer um controlo dinâmico da habitação através de uma interface gráfica.

## 1.4 Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos, incluindo o presente.

No capítulo 2, "Estado de arte", são apresentados e caracterizados alguns dos sistemas da domótica existentes no mercado, nomeadamente o sistema X10, o sistema *European Installation Bus* (EIB), o sistema KONNEX (KNX), a tecnologia CEBus e, por último, o sistema LonWorks. Para concluir este capítulo, são comparados os vários sistemas.

No capítulo 3, "Arquitetura proposta", é apresentada uma arquitetura de forma a resolver o problema indicado no subcapítulo 1.2, que consiste na interligação de vários sistemas de controlo.

No capítulo 4, "Implementação", são demonstrados todos os passos para a implementação da arquitetura proposta.

Por último, no capítulo 5, "Conclusão", são abordados os aspetos relevantes da arquitetura proposta e da implementação.



# Capítulo 2

## Estado da Arte

Neste capítulo serão apresentados e caracterizados alguns dos sistemas domóticos existentes no mercado de forma a aprofundar os conhecimentos nesta área. Serão abordados os sistemas X10, *European Installation Bus* (EIB), o sistema KONNEX (KNX), a tecnologia CEBus e, por último, o sistema LonWorks. Após a apresentação dos diversos sistemas é feita uma comparação entre eles.

### 2.1 Sistema X10

O sistema designado com o nome X10, desenvolvido entre 1976 e 1978 pela empresa Pico Electronics Ltd, em Glenrother, na Escócia, tem como objetivo a transmissão de dados através da injeção de sinais de alta frequência (120 KHz) sobre uma rede de 110VAC ou de 220VAC (alimentação doméstica). O nome desta tecnologia surgiu devido a este sistema ser o décimo projeto da referida empresa [1].

A patente deste serviço foi posteriormente adquirida por uma empresa, a qual optou por se denominar com o mesmo nome do protocolo (X10 Ltd.), até esta expirar em 1997. Hoje em dia este protocolo é aberto, existindo bastantes empresas a comercializarem produtos com esta tecnologia.

Esta tecnologia utiliza como meio de comunicação entre os dispositivos a rede elétrica já instalada nas habitações, o que a torna mais acessível em termos económicos. Por este fato, apresenta também uma fácil instalação (a maior parte dos módulos são *Plug&Play*), o que a coloca numa situação vantajosa face a outros

protocolos de domótica.

Uma instalação com a tecnologia X10 é constituída por um conjunto de dispositivos que podem ser comandados através de um computador ou de um telecomando de radiofrequência, aumentando assim o alcance do sinal.

Relativamente ao modo de alimentação dos dispositivos, cada um é alimentado através do próprio meio de comunicação, através de um transformador que faz a conversão da corrente 220VAC para uma corrente contínua de 5V, alimentando assim os circuitos integrados que funcionam a baixa tensão e com corrente contínua.

### 2.1.1 Comunicação entre os módulos X10

A comunicação entre os módulos X10 é feita através da rede elétrica, como se referiu anteriormente. Contudo, durante esta comunicação todos os dispositivos conseguem receber o sinal, o que se torna um problema, pois o sistema X10 deveria ter a capacidade de endereçar cada mensagem. Para contornar este problema foi implementada uma técnica, que consistiu na criação de 16 códigos de casa (usando as letras de A-P) e de 16 códigos de aparelho (1-16). Assim, cada dispositivo só será ativado quando o seu endereço estiver contido no sinal, permitindo assim duzentos e cinquenta e seis ( $256 = 16 \times 16$ ) dispositivos [2].

O modo de atribuição dos endereços aos dispositivos é feito manualmente no próprio dispositivo, através de dois seletores rotativos, como se pode observar na Figura 2.1. Assim sendo, caso haja dois dispositivos com o mesmo endereço ambos vão ser atuados simultaneamente.



Figura 2.1: Dispositivo X10 [3]

A comunicação do sinal pode ser feita a uma distância máxima de duzentos metros

sem a existência de problemas. Porém, devido a ruídos existentes na rede de comunicação, podem ser utilizados repetidores de sinal na tentativa de melhorar a sua qualidade e de aumentar a distância de comunicação.

### 2.1.2 Formação da Mensagem

Para a formação da mensagem é injetado um sinal de alta frequência sobre a rede elétrica de 220VAC. Este sinal é inserido na passagem da onda sinusoidal pela origem (*Zero-Crossing*), sendo que só pode apresentar um atraso máximo de 200ms. Este intervalo de tempo é utilizado para os recetores saberem quando escutar a linha.

Devido ao ruído no meio de comunicação, esta tecnologia optou por nunca enviar um bit isolado, ou seja, este será sempre acompanhado por outro. Exemplificando, sempre que se pretender enviar um bit UM, corresponde a enviar um "1" (sinal de 120 KHz na origem) acompanhado de um "0" (ausência de sinal). O envio de um bit ZERO, corresponde a enviar um "0" (ausência de sinal) acompanhado um "1" (sinal de 120 KHz na origem), como se pode verificar na Figura 2.2. Com esta técnica é reduzida a probabilidade de um ruído ser confundido com um sinal, porém irá aumentar o tempo de transmissão, podendo apenas enviar 1 bit por cada ciclo de corrente elétrica [4].

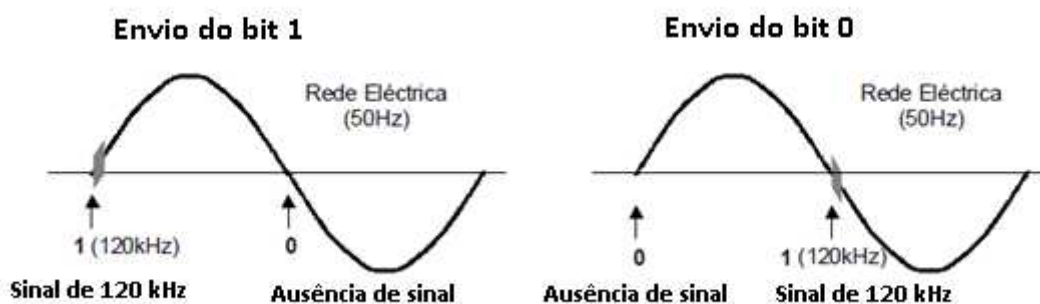


Figura 2.2: Representação do envio dos bits no sistema X10 [4]

Uma mensagem para estar completa engloba a transmissão de quatro campos, nomeadamente, o código de início (sequência de bits - 1110), o código da casa (constituído por 4 bits), o código do dispositivo ou código da função (constituído

por 4 bits) e, por último, será ainda enviado um campo com 1 bit, de forma a identificar se o campo anterior corresponde ao dispositivo ou à função. Se o último bit for ZERO corresponde ao dispositivo e se for UM corresponde a uma função. Na Figura 2.3 pode-se verificar como é formada a mensagem.

Código de Início	Código da casa	Código do dispositivo	Bit = 0
		Código da função	Bit = 1

Figura 2.3: Estrutura da mensagem do sistema X10

De seguida, será exemplificado como é feita a comunicação com os dispositivos:

- Primeiro, ativa-se o dispositivo pretendido através do seu endereço, ou seja, enviar uma mensagem com o último bit igual a ZERO, de forma ao campo anterior corresponder ao dispositivo;
- Por último, será enviada uma mensagem com o último bit igual a UM, de forma ao campo anterior corresponder à função pretendida.

Entre cada grupo é necessária uma pausa de três ciclos da rede elétrica. É, ainda, importante salientar que, após a ativação de um dispositivo, este fica ativado até outro ser referenciado, permitindo assim enviar várias funções simultaneamente.

Na Tabela 2.1 são indicados os comandos da tecnologia X10.

Tabela 2.1: Comandos disponíveis na tecnologia X10 [4]

Código	Função	Descrição
0 0 0 0	<i>All units off</i>	Desliga todos os dispositivos
0 0 0 1	<i>All lights on</i>	Liga todos os dispositivos de iluminação
0 0 1 0	<i>On</i>	Liga um dispositivo
0 0 1 1	<i>Off</i>	Desliga um dispositivo
0 1 0 0	<i>Dim</i>	Reduz a intensidade luminosa
0 1 0 1	<i>Bright</i>	Aumenta a intensidade luminosa
0 1 1 0	<i>All lights off</i>	Desliga todos os dispositivos de iluminação
0 1 1 1	<i>Extended code</i>	Código de extensão (seguem-se-lhe 8 bytes)
1 0 0 0	<i>Hail request</i>	Solicita resposta de dispositivo
1 0 0 1	<i>Hail acknowledge</i>	Resposta ao comando anterior
1 0 1 x	<i>Pré-set Dim</i>	Níveis pré-definidos de intensidade luminosa
1 1 0 0	<i>Extended data</i>	Dados adicionais (seguem-se-lhe 8 bytes)
1 1 0 1	<i>Status is on</i>	Resposta indicando que o dispositivo está ligado
1 1 1 0	<i>Status is off</i>	Resposta indicando que o dispositivo está desligado
1 1 1 1	<i>Status request</i>	Pedido solicitando o estado de um dispositivo

Explicação mais detalhada de algumas funções:

- *Hail Request* e *Hail Acknowledge* - estas funções servem para verificar se é possível comunicar com uma casa vizinha. Caso seja possível, não será aconselhável utilizar o código da casa para comunicar com os dispositivos, pois poderá ocorrer interferência ou comportamentos indesejados.
- *Extended Code* e *Extended Data* - estas funções correspondem a mecanismos introduzidos no dispositivo X10 e servem para enviar comandos ou dados adicionais. Contudo, o significado dessa informação depende do fabricante pois este pode alterá-lo.
- *Dim* e *Bright* - têm como função alterar a intensidade luminosa de uma lâmpada, controlar a subida e descida de estores ou controlar o aquecimento.

Na Figura 2.4 está representado um exemplo da transmissão de um comando X10.

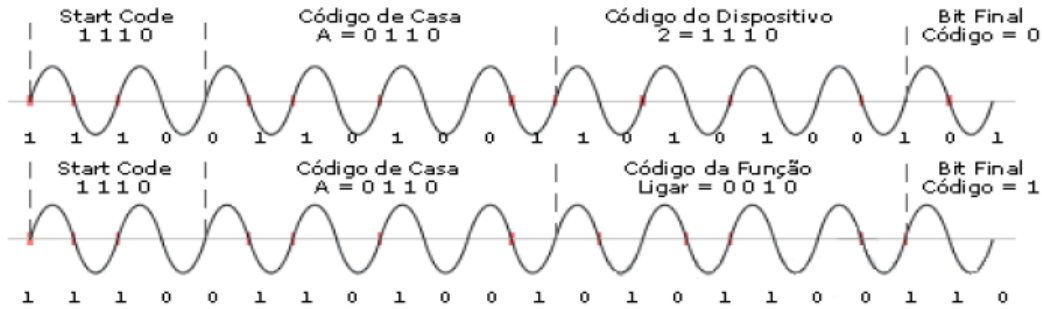


Figura 2.4: Exemplo da transmissão de um comando, no caso A2 ON [4]

O tempo de envio de uma mensagem X10, numa portadora de 50 Hz é de 0,5s. São necessários 25 ciclos da onda elétrica, onde 3 ciclos correspondem à pausa entre os dois grupos (código do dispositivo e código da função) e os restantes ciclos são utilizados para enviar os bits ( $25 \times \frac{1}{50} = 0.5s$ ).

## 2.2 European Installation Bus (EIB)

O *European Installation Bus* (EIB) consiste num sistema distribuído para controlo de redes, que se encontra otimizado para o controlo de edifícios. Mais especificamente, o EIB é um sistema para controlo de cargas, ambientes e segurança, que pode ser instalado em grandes edifícios, como centros comerciais, escolas, hospitais e fábricas ou, ainda, em pequenas vivendas e apartamentos.

Este sistema tem como função a monitorização e o controlo de determinados serviços como a iluminação, o aquecimento, a ventilação, o ar-condicionado e a segurança.

A norma EIB foi proposta por uma associação, designada por EIBA (*European Installation Bus Association*), formada pelos principais fabricantes europeus de eletrónica e automação, nomeadamente a Siemens, ABB, Hager, Jung, entre outros [5].

A tecnologia EIB tem a capacidade de suportar diferentes meios de comunicação, tais como:

- Cabo de cobre entrançado - através do sistema EIB.TP (*Twisted Pair* - Cabo

de cobre entrançado). Apresenta uma grande fiabilidade e permite uma velocidade de comunicação de 9600 bps;

- Rede elétrica - através do sistema EIB.PL (*Power Line* - Rede elétrica de energia). Permite a utilização de uma rede elétrica já instalada anteriormente. Contudo, esta rede é menos fiável que a EIB.TP e a sua velocidade de transferência é bastante mais lenta, sendo apenas de 1200bps;
- Radiofrequência - através do sistema EIB.RF. Em campo aberto permite uma transmissão até 300m;
- Infravermelhos - limitado a 12 metros;
- Rede IP - permite encaminhar mensagens entre dispositivos EIB através da Internet.

Este sistema é vantajoso relativamente a uma instalação elétrica convencional, nomeadamente no que se refere à segurança, ao uso racional da energia no funcionamento da habitação ou edifício. Outra vantagem a salientar é o facto de o EIB permitir que os seus módulos sejam alimentados pelo próprio meio de comunicação, independentemente do meio ser um par de cobre entrançado ou a rede elétrica de 220V. Existem, também, outros modelos que podem receber energia através de outros meios, como acontece com os modelos que usam radiofrequência ou infravermelho.

### 2.2.1 Características do sistema EIB

Para além de permitir um controlo distribuído para a gestão e monitorização de edifícios, o sistema EIB permite uma comunicação em série entre todos os dispositivos ligados ao barramento. Este barramento é normalmente implementado num sistema descentralizado, mas tem também a capacidade de utilizar um sistema centralizado, sendo apenas necessária a instalação de um controlador de aplicações (ApC - *Application Controller*) no barramento.

A gestão de um sistema descentralizado fica responsável por diferentes dispositivos que podem ser transmissores, recetores ou ambos. Para que este sistema se torne mais flexível, os seus dispositivos comunicam diretamente entre si sem necessidade de recorrerem a um dispositivo central de controlo.

Através da Figura 2.5 podem observar-se as diferenças entre um sistema centralizado e um sistema descentralizado.

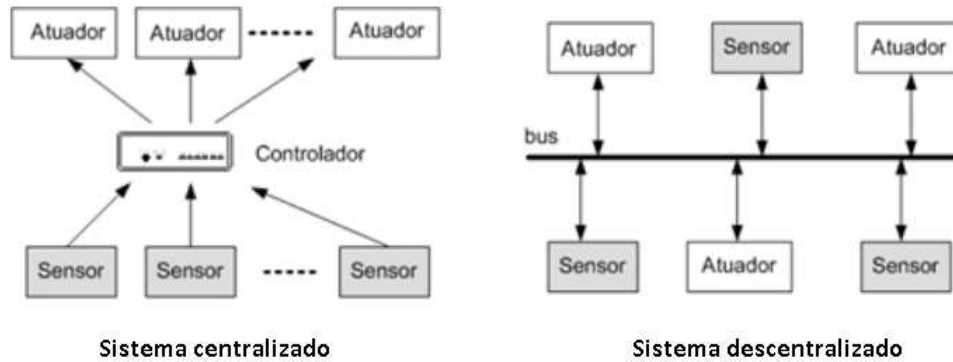


Figura 2.5: Diferença entre sistema centralizado e descentralizado

### 2.2.2 Comunicação através do cabo de cobre entrançado

Na comunicação através do cabo de cobre os bits são transmitidos por um cabo normalizado pela EIBA que é usual ser de cor cinzenta ou verde. São, também, caracterizados por uma cobertura exterior em PVC e uma blindagem metálica com o intuito de diminuir o efeito eletromagnético. Por último, a secção dos condutores tem um diâmetro de 0.8 mm. Na Figura 2.6 pode-se visualizar um cabo utilizado por um sistema EIB [6].



Figura 2.6: Cabo YCYM utilizado no sistema EIB.TP [6]



Os condutores vermelhos e pretos suportam a comunicação entre dispositivos e os condutores amarelos e brancos são de reserva.

Através da tecnologia EIB.TP, o sinal binário ZERO acontece quando existe uma variação de alta frequência no valor contínuo da tensão (24V), ao contrário do sinal binário UM, que acontece quando a tensão é estável, como podemos verificar na Figura 2.7 [7].

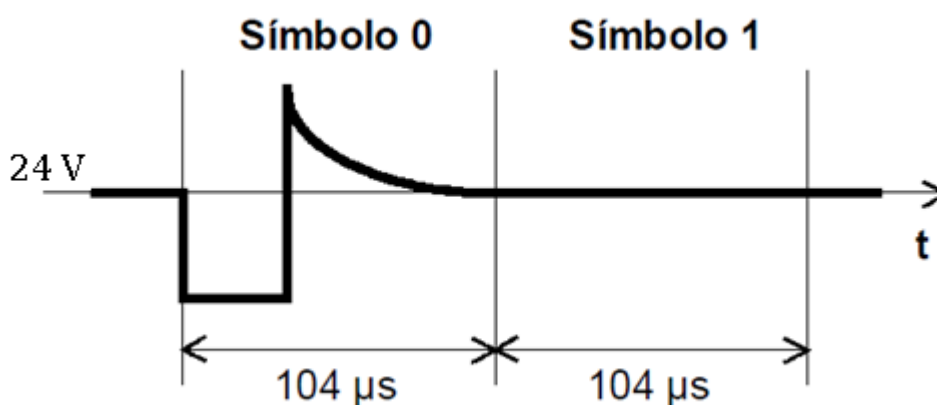


Figura 2.7: Representação do envio dos bits do sistema EIB através do cabo de cobre entrançado [7]

O sinal binário ZERO apresenta uma maior prioridade na codificação deste sistema. Assim, se dois dispositivos enviarem sinais opostos para o barramento, o sinal dominante será o sinal binário ZERO. O tempo de envio de um sinal binário é de  $104\mu s$ , o que corresponde a uma velocidade de transmissão de  $9600bps$ .

### 2.2.3 Comunicação através da rede elétrica

O sistema EIB.PL utiliza a rede elétrica de 220VAC para transmitir as mensagens entre dispositivos, evitando a passagem de um cabo extra entre estes, o que torna mais fácil a sua instalação.

Neste sistema é utilizada uma unidade de acoplamento à rede, denominada por MCU - *Mains Coupling Unit*, que fica responsável pela formação dos sinais de modo a serem enviados pela rede elétrica. Apesar deste meio de comunicação ser

bastante instável, devido a ruídos que possam surgir, a variação do tipo e comprimento dos cabos e do número e tipo de cargas ligadas assegura uma transmissão do sistema EIB.PL relativamente fiável.

No sistema EIB.PL todos os dispositivos podem receber e enviar mensagens, mas não ao mesmo tempo, o que faz com que este sistema trabalhe num modo bidirecional com uma funcionalidade em *half-duplex*.

Relativamente à designação de cada sinal binário (0 ou 1), para o envio de cada bit recorre-se a uma modulação na frequência do tipo SFSK - *Spread Frequency Shift Keying*. Este método introduz uma frequência de 105,6KHz para caracterizar um sinal binário ZERO e de 115,2KHz para caracterizar um sinal binário UM. Na Figura 2.8 pode-se observar a representação dos bits.

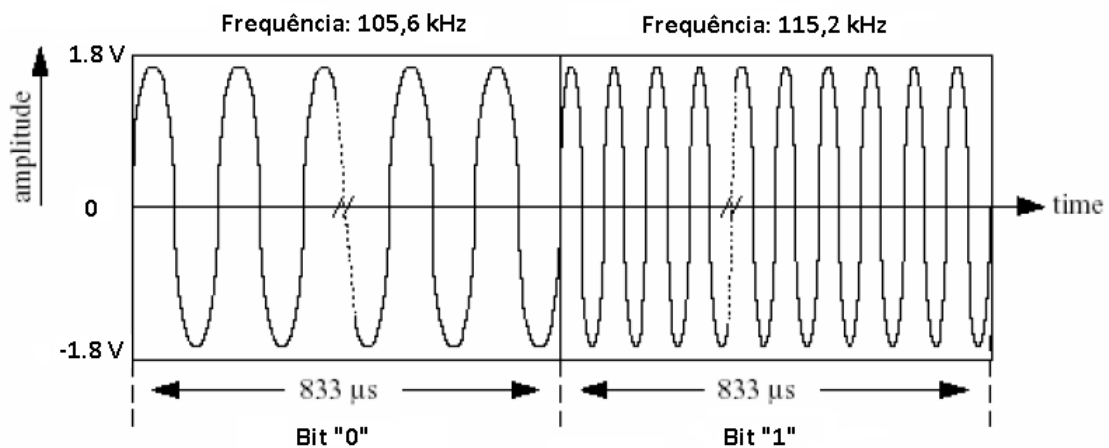


Figura 2.8: Representação do envio dos bits do sistema EIB através da rede elétrica

Para garantir uma transmissão fiável utiliza-se uma velocidade de transmissão relativamente baixa comparada com o sistema EIB.TP - (Cabo de cobre entrançado). O tempo de envio de um sinal binário é de  $833\mu s$ , o que corresponde a uma velocidade de transmissão de  $1200bps$ .

#### 2.2.4 Topologia do sistema EIB

A topologia pode ser entendida como a configuração do *bus*. Em alguns meios de transmissão de sinal não é necessário um *bus*, como o caso da radiofrequência e

dos infravermelhos. Na situação do cabo de cobre entrançado, o *bus* pode estar organizado de várias formas, tais como, em barramento, em estrela, em árvore ou uma combinação destes. Na Figura 2.9 podem-se observar as várias configurações.

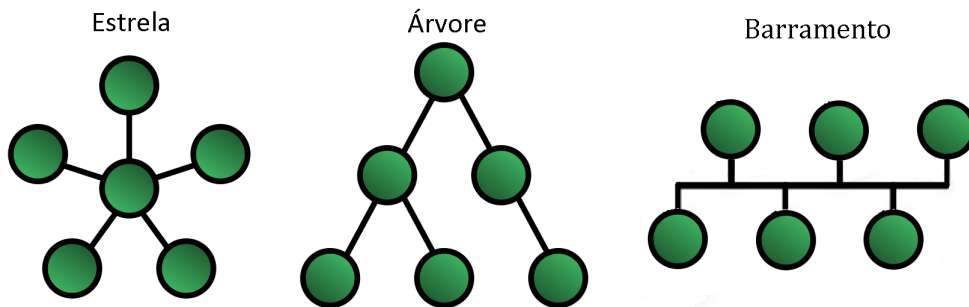


Figura 2.9: Topologias de rede EIB

A topologia mais utilizada é a da árvore. Em cada linha podem ser ligados sessenta e quatro (64) dispositivos, mas em alguns casos pode ser necessário ligar mais do que sessenta e quatro (64). Para isso, será necessário ligar dois segmentos através de um repetidor de sinal, sendo duplicada a capacidade da linha. É possível ligar até quatro segmentos o que vai originar uma capacidade de duzentos e cinquenta e seis (256) dispositivos por cada linha. Para cada segmento adicionado é necessária a instalação de uma fonte de alimentação, sendo que a distância mínima entre eles deve ser de 200m. Cada segmento só pode ter um comprimento máximo de 1000m.

Cada área de controlo pode ter até dezasseis (16) linhas. Através do uso de um *backbone* é possível interligar dezasseis (16) áreas, permitindo ligar até sessenta e cinco mil, quinhentos e trinta e seis ( $65536 = 256 \times 16 \times 16$ ) dispositivos. Na Figura 2.10 pode-se ver a topologia mais utilizada nesta tecnologia.

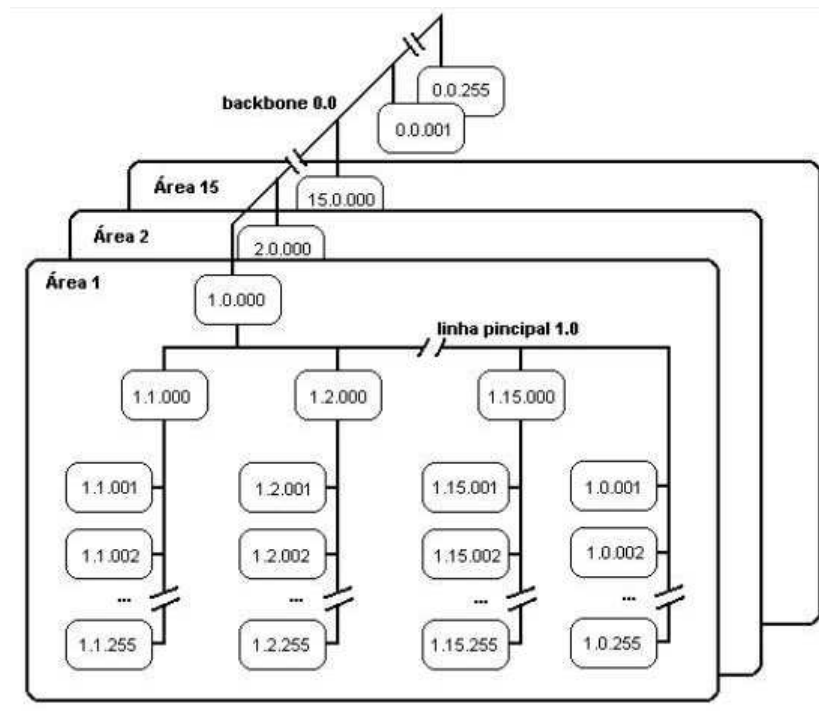


Figura 2.10: Topologia EIB em árvore [7]

### 2.2.5 Endereço físico

Numa instalação EIB cada dispositivo tem uma identificação única, não podendo existir endereços repetidos. Esta identificação corresponde ao endereço físico do dispositivo, que consiste numa área, numa linha e num número. Na Figura 2.11 é possível visualizar a estrutura que define o endereço físico.

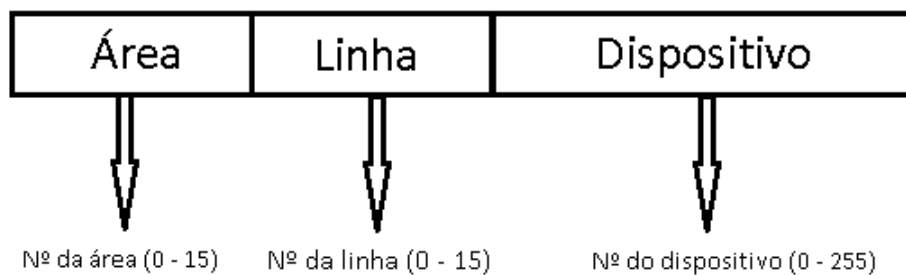


Figura 2.11: Endereço físico de um dispositivo EIB

O endereço físico de um dispositivo poderá ser 7.10.31, isto significa que o dispositivo se encontra na área 7, na linha 10 e que é o dispositivo 31. Desta forma, o

endereço de um dispositivo está relacionado diretamente com o seu lugar físico na rede de dispositivos.

### 2.2.6 Endereço de grupo

Um dispositivo pode ter vários endereços de grupos, ao contrário do endereço físico, mas apenas um pode ser definido como endereço de grupo emissor. Dispositivos pertencentes ao mesmo grupo podem ser controlados enviando uma única mensagem. A programação dos endereços de grupo é efetuada através do programa ETS (*EIB Toolkit Software*) que foi desenvolvido para satisfazer as necessidades dos engenheiros dos edifícios.

O endereço de grupo pode ser definido usando um endereçamento de dois níveis (grupo principal/subgrupo) ou um endereçamento de três níveis (grupo principal/intermédio/subgrupos):

- Endereçamento de dois níveis - São utilizados 4 bits (16 valores) para o grupo principal e são utilizados 11 bits (2048 valores) para o subgrupo;
- Endereçamento de três níveis - São utilizados 4 bits (16 valores) para o grupo principal, 3 bits (8 valores) para o grupo intermédio e 8 bits (256 valores) para o subgrupo.

Existe a possibilidade de ambos os endereços serem escolhidos, sendo que essa tarefa fica a cargo do projetista. Normalmente é escolhido o endereçamento de três níveis, utilizando o seguinte critério:

1. Grupo principal - Corresponde a uma área;
2. Grupo intermédio - Corresponde à função;
3. Subgrupo - Corresponde ao dispositivo.

Na Figura 2.12 pode-se ver a representação do endereço de grupo de dois níveis e o endereço de grupo de três níveis.

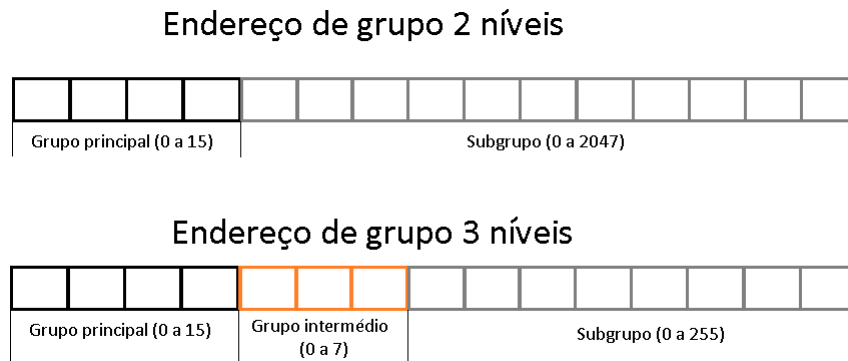


Figura 2.12: Endereços de grupos EIB

A Figura 2.13 representa a comunicação entre um interruptor e uma lâmpada. Neste caso, o interruptor tem o endereço físico 1.1.45, sendo o seu endereço de grupo 1/3/2, e a lâmpada tem o endereço de grupo 1/3/2. Como se pode observar, o endereço de grupo do interruptor e da lâmpada são iguais. Devido a esse facto, quando o interruptor é pressionado será enviado um telegrama (designação dada às mensagens EIB) ao dispositivo lâmpada.

Se o interruptor tivesse o endereço de grupo 1/7/4 o telegrama seria enviado aos dispositivos persiana e lâmpada, simultaneamente.

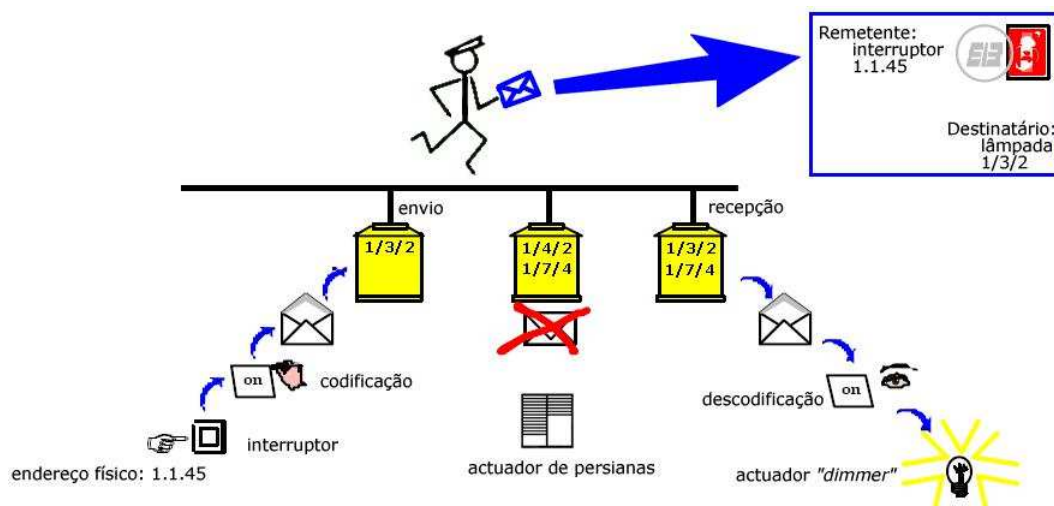


Figura 2.13: Exemplo do envio de um telegrama no sistema EIB [5]

### 2.2.7 EIB Interworking Standards (EIS)

Como referido anteriormente, os dispositivos EIB conseguem comunicar entre si através do endereço de grupo, mas necessitam de interpretar corretamente os telegramas recebidos vindos de outros dispositivos. Para isto ser possível, existe a norma EIS que define as regras para a interpretação das funções utilizadas pelos dispositivos.

É importante referir que uma mensagem EIS é apenas uma definição abstrata de um comando, pois cada comando pode ser interpretado de forma diferente, consoante o dispositivo que envia e que recebe o telegrama.

Na Tabela 2.2 estão representadas as funções existentes na norma EIS.

Tabela 2.2: Funções definidas na norma EIS [5]

EIS type	Função EIB	Tamanho
EIS 1	<i>Switching</i>	1 bit
EIS 2	<i>Dimming</i>	3 bytes
EIS 3	<i>Time</i>	3 bytes
EIS 4	<i>Date</i>	3 bytes
EIS 5	<i>Value</i>	2 bytes
EIS 6	<i>Scaling</i>	1 bytes
EIS 7	<i>Control drive</i>	1 bit
EIS 8	<i>Priority</i>	1 bit
EIS 9	<i>Float value</i>	4 bytes
EIS 10	<i>16b-counter</i>	2 bytes
EIS 11	<i>32b-counter</i>	4 bytes
EIS 12	<i>Access</i>	4 bytes
EIS 13	<i>Character</i>	1 byte
EIS 14	<i>8b-counter</i>	1 byte
EIS 15	<i>Character string</i>	14 bytes

Seguidamente será apresentada uma definição de cada comando:

- EIS 1 - É utilizado para alterar o estado de um atuador, por exemplo, alterar o estado da lâmpada de desligada para ligada;
- EIS 2 - Pode ter três significados distintos: interruptor, valor relativo ou valor absoluto;

- EIS 3 - Definição das horas, em horas, minutos e segundos;
- EIS 4 - Definição da data, em dia, mês e ano (o ano encontra-se entre 1990 e 2089);
- EIS 5 - Serve para enviar valores físicos;
- EIS 6 - Serve para transmitir valores relativos de 0 a 255;
- EIS 7 - Pode ter dois significados distintos, movimento contínuo (subir/descer) ou passo a passo;
- EIS 8 - Função que permite forçar o estado de um atuador. Caso esta propriedade seja ativada é possível forçar o estado do atuador, independentemente do funcionamento previamente programado;
- EIS 9 - Codifica um número em vírgula flutuante;
- EIS 10 - Representa os valores de um contador de 16 bits (negativos ou positivos);
- EIS 11 - Representa os valores de um contador de 32 bits (negativos ou positivos);
- EIS 12 - Usa-se para conceder acesso a funções distintas;
- EIS 13 - Caracter ASCII;
- EIS 14 - Representa os valores de um contador de 8 bits (negativos ou positivos);
- EIS 15 - Transmite uma cadeia de caracteres ASCII.

### 2.2.8 Estrutura dos telegramas (mensagens)

Os telegramas são os pacotes de dados que os dispositivos partilham entre si e que não dependem do meio físico de transmissão. Estes são compostos por vários campos, tais como:

- Controlo - Constituído por 8 bits;
- Endereço de origem - Constituído por 16 bits;



- Endereço de destino - Constituído por 17 bits;
- Contador - Constituído por 3 bits;
- Comprimento - Constituído por 4 bits;
- Dados úteis - Constituído por 128 bits;
- Verificação - Constituído por 8 bits.

Na Figura 2.14 é ilustrada a organização dos campos de um telegrama.

Campo de Controlo	Endereço Origem	Endereço Destino	Contador	Comprimento	Dados	Verificação
8 bits	16 bits	16+1 bits	3 bits	4 bits	Até 128 bits	8 bits

Figura 2.14: Organização dos campos de um telegrama EIB [7]

Em relação à confirmação das mensagens recebidas, todos os dispositivos confirmam a receção de um telegrama enviando um *acknowledge*. Estes pacotes são construídos por 8 bits e podem ter três configurações distintas. Na Tabela 2.3 são representadas as configurações possíveis.

Tabela 2.3: Configurações possíveis de um *acknowledge* [5]

Configuração	Significado
1 1 0 0 0 0 0	<i>BUSY</i> - Barramento ocupado
0 0 0 0 1 1 0	<i>NAK</i> - Receção com erro
1 1 0 0 1 1 0	<i>ACK</i> - Receção correta

Se o emissor receber um *acknowledge-BUSY* depois de ter enviado um telegrama a um dispositivo, ele espera um curto intervalo de tempo, tentando enviar de novo o pacote de dados. Caso receba um *acknowledge-NAK*, o emissor reenvia três vezes o mesmo telegrama.

## 2.3 Tecnologia KONNEX

A tecnologia KONNEX (KNX) foi criada a 14 de Abril de 1999 através da junção dos sistemas EIB, Batibus e EHS. Esta apresentava como principal objetivo a cri-

ação de uma única norma europeia para a automação de edifícios [8].

Quando surgiu, esta tecnologia tinha como finalidades:

- Melhorar a prestação de serviços dos vários meios físicos;
- Introduzir novos modos de funcionamento com a filosofia *Plug&Play* aos vários dispositivos numa casa;
- Juntar empresas fornecedoras de serviços, como as de telecomunicações e as de eletricidade, para um controlo de casa à distância.

Esta tecnologia é totalmente aberta e garante um funcionamento com produtos de diferentes marcas e modelos, logo que sejam certificados e identificados pelo logótipo KNX.

Atualmente a KNX junta o melhor de três tecnologias, nomeadamente, as configurações *S-mode* ou *System-mode*, *E-mode* ou *Easy mode* e *A-mode* ou *Automatic mode*.

A *S-mode* é a configuração proveniente do EIB, em que os dispositivos são instalados e configurados por profissionais, através da ferramenta ETS. Este é o modo de configuração mais utilizado no KNX, pois é o mais flexível, o que permite maiores níveis de funcionalidade e a adaptação às particularidades de cada habitação.

Relativamente, à *E-mode*, esta tecnologia trata-se do modo de configuração mais fácil do sistema, na medida em que os seus dispositivos já vêm pré-programados da fábrica para realizar determinada função. No local da instalação, e à semelhança do que é feito na tecnologia X10, os dispositivos têm de ser configurados através de um controlador ou através de micro-interruptores presentes nos próprios.

Por último, a *A-mode* é o modo *Plug&Play* da tecnologia, que usa a simplicidade na instalação, pois não necessita de qualquer configuração, podendo ser instalada por um utilizador comum. Este modo foi pensado para a instalação de eletrodomésticos e equipamento de entretenimento, como os videojogos, a multimédia e os frigoríficos.

Apesar de a *S-mode* continuar a ser a base de toda a configuração existente, nem todos os dispositivos a suportam, o que resulta na utilização da tecnologia *E-mode* por alguns deles. Desta forma, é evidente que com o KNX a configuração dos sistemas domóticos não é tão simples como aparenta. Aliada a esta desvantagem surgem outras, como o facto de, ser necessário recorrer a um técnico especializado para a implementação do sistema, pois é necessário recorrer à ferramenta ETS.

### 2.3.1 Meios de comunicação

Atualmente esta tecnologia suporta cinco meios de comunicação distintos que facilitam a adaptação da rede às condições do local e às diferentes funcionalidades requeridas [8].

Os meios de comunicação que o KNX suporta são:

- Par de cobre entrançado TP0, proveniente do Batibus;
- Par de cobre entrançado TP1, proveniente do EIB;
- Corrente elétrica PL110, proveniente do EIB;
- Corrente elétrica PL132, proveniente do EHS;
- Ethernet via KNX net/ip, apenas para ligação de dispositivos KNX;
- Radiofrequência, proveniente do EIB.RF;
- Infravermelho, limitado a 12 metros, proveniente do EIB.IR.

Em relação às velocidades de transmissão, utilizando um par entrançado TP0 proveniente do sistema Batibus, a taxa de transferência é de  $2400bps$ , enquanto que utilizando o TP1 proveniente do sistema EIB a taxa é de  $9600bps$ . Se for utilizado como meio de comunicação a rede elétrica, a taxa de transferência pode ser  $1200bps$  ou  $2400bps$ , respetivamente PL110 e PL132.

## 2.4 Tecnologia CEBus

Em 1984, o Consumer *Electronics Group* da EIA (*Electronic Industries Association*) iniciou uma pesquisa com o objetivo de formular uma nova norma, destinada

ao desenvolvimento de uma rede de comunicação para dispositivos domésticos, designada por CEBus - Consumer *Electronic Bus*. A principal motivação desta tecnologia era o desenvolvimento de um protocolo universal, de baixo custo, para a comunicação entre vários dispositivos domésticos, independentemente dos seus fabricantes, e de fácil uso por parte do consumidor [9].

O CEBus é considerado uma norma de desempenho, ou seja, uma norma que define como é que o dispositivo se deve comportar, e é orientada ao modelo, definindo as camadas de comunicação que permitem a implementação do protocolo de várias formas, sejam estas *hardware*, *software* ou uma combinação de ambas [10].

A norma CEBus deve ser versátil e económica, permitindo o uso de sistemas distribuídos e centralizados e facilitando, também, a instalação em ambientes domésticos de pequena e de grande dimensão. A instalação de um sistema com esta norma deve ser simples e fácil, sem necessidade de formação especial.

Em relação à velocidade de resposta, esta deve ser sempre rápida independentemente do nível de tráfego, devendo ser sempre inferior a uma décima de segundo. O CEBus deve, ainda, ter capacidade de definir prioridades de acesso ao meio, não permitindo que um dispositivo domine o acesso e impeça os restantes de comunicar.

Por último, esta norma deve ser facilmente entendida ao longo do tempo para que seja permitido o uso de novos meios de comunicação, novas tecnologias e novos dispositivos domésticos.

### 2.4.1 Meios de Comunicação

Para que o CEBus se possa ligar a diversos tipos de equipamentos, esta tecnologia permite o uso de diferentes meios de comunicação, nomeadamente, o par de cobre entrançado, a rede elétrica, o cabo coaxial, a fibra ótica, os infravermelhos e a radiofrequência. Todos os meios físicos de comunicação transportam o canal de controlo CEBus e transmitem a informação com o mesmo ritmo, cerca de 8000 bit/s [9].

A interligação entre os diferentes meios de comunicação é feita através do recurso a dispositivos específicos, denominados por *routers*, *brouters* e *data-bridges*.

Para que os dispositivos possam comunicar entre si e executar certas tarefas é especificada uma linguagem de comunicação comum, designada por CAL (*Common Application Language*) [11]. Esta linguagem utiliza a noção de contexto, assumindo-se que qualquer produto pode ser descrito como uma coleção de contextos. Atualmente estão definidos mais de 50 contextos que cobrem a generalidade dos produtos, desde a iluminação, a segurança, o aquecimento, o ar-condicionado, as máquinas de lavar ou secar roupa, até os televisores. Cada contexto comporta-se sempre do mesmo modo, independentemente do produto a que está associado.

Cada contexto é composto por um ou vários objetos que permitem modelar qualquer função de controlo. Estão definidos vinte e seis objetos que podem representar sensores digitais, sensores analógicos, interruptores multiposição, motores, teclados, entre outros. Cada objeto é descrito por um conjunto pré-definido de variáveis.

Na Figura 2.15 é ilustrada uma rede típica CEBus com três meios interconectados por *routers*.

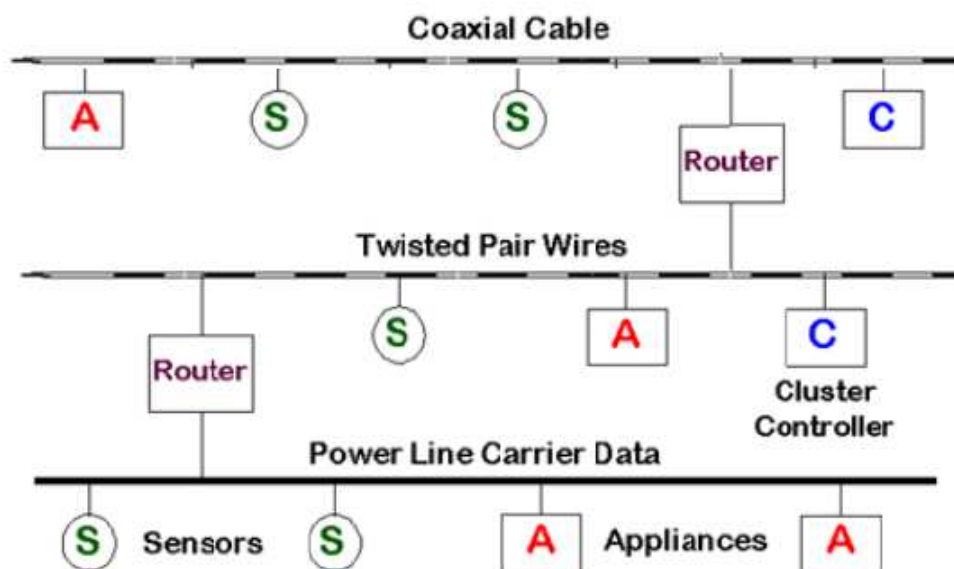


Figura 2.15: Rede típica CEBus [9]

### 2.4.2 Estrutura das mensagens

O formato das mensagens CEBus de controlo não depende do meio de comunicação usado, já que cada mensagem contém o endereço de destino, sem referência aos meios de comunicação onde o emissor e o recetor estão colocados, permitindo a esta tecnologia, a formação de uma rede lógica uniforme.

O comprimento das mensagens pode variar desde poucos bytes até cerca de 44 bytes. Uma mensagem típica demora cerca de  $25ms$  a ser enviada.

Como se pode verificar na Figura 2.16, as mensagens desta tecnologia possuem um *start code*, um endereço de destino, um endereço de origem, um cabeçalho, uma mensagem CAL e um *checksum*.



Figura 2.16: Estrutura da mensagem CEBus [12]

O CEBus pode possuir até sessenta e cinco mil, quinhentos e trinta e seis endereços (65536). É permitido enviar mensagens individuais onde apenas um dispositivo receberá a mensagem ou mensagens de grupos onde vários dispositivos receberão a mensagem.

O acesso ao meio físico usa a técnica CSMA/CD CR (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Collision Resolution*), que permite que um dispositivo aceda ao meio de comunicação em qualquer momento desde que este esteja livre. No caso de o canal estar ocupado e existir colisão, os dispositivos têm capacidade de detetar esse facto, sendo assegurado que um deles consegue transmitir a mensagem com sucesso.

O CEBus dispensa a existência de um controlador central na medida em que os seus dispositivos se encontram ao mesmo nível e podem comunicar diretamente entre si.

## 2.5 Sistema LonWorks

O sistema LonWorks, também designado por *Local Operating Network* (LON), foi criado pela Echelon, com o objetivo de resolver o problema de controlo de sistemas, principalmente a nível de controlo industrial. Este sistema tem a capacidade de suportar até trinta e dois mil (32000) dispositivos. É, ainda, importante referir que o sistema LonWorks é aberto e é controlado pelo grupo *LonMark Interoperability Association* [13].

Este sistema pode utilizar uma grande variedade de meios de comunicação como a rede elétrica, o par de cobre entrançado, a radiofrequência, os infravermelhos, o cabo coaxial e a fibra ótica. Dependendo do meio utilizado, a sua comunicação estabelece velocidades de transmissão entre 1kb/s a 1,25Mb/s.

A tecnologia LonWorks é utilizada em diversas aplicações, abrangendo Edifícios Inteligentes, Cidades Inteligentes, Automação Comercial e Industrial.

- Edifícios Inteligentes - Controlo de climatização, elevadores, escadas rolantes, iluminação e segurança;
- Cidades Inteligentes - Iluminação pública, sistemas de transportes públicos (autocarros e metro);
- Automação Comercial - Automação de máquinas de escritório, supermercados, automação de restaurantes, monitorização de pacientes e controlo de máquinas de venda automática;
- Automação Industrial - Fabrico de semicondutores, de papel, impressão de alta velocidade, todo o fabrico que exige controlo automático.

Esta tecnologia é formada por dispositivos denominados por "nós". Os "nós" podem ser divididos em dois grupos: os "nós" de controlo, que possuem memória e capacidade de processamento; e os "nós" tradutores/atuadores, que só têm a capacidade de ativar ou desativar uma saída, cumprindo uma ordem que lhe foi enviada por um "nó" de controlo.

Devido à inteligência dos dispositivos de controlo, um sistema de automação pode

ficar a cargo dos "nós" com capacidade de processamento, evitando assim um elemento centralizado (PC).

Na Figura 2.17 é possível observar uma rede de controlo LonWorks.

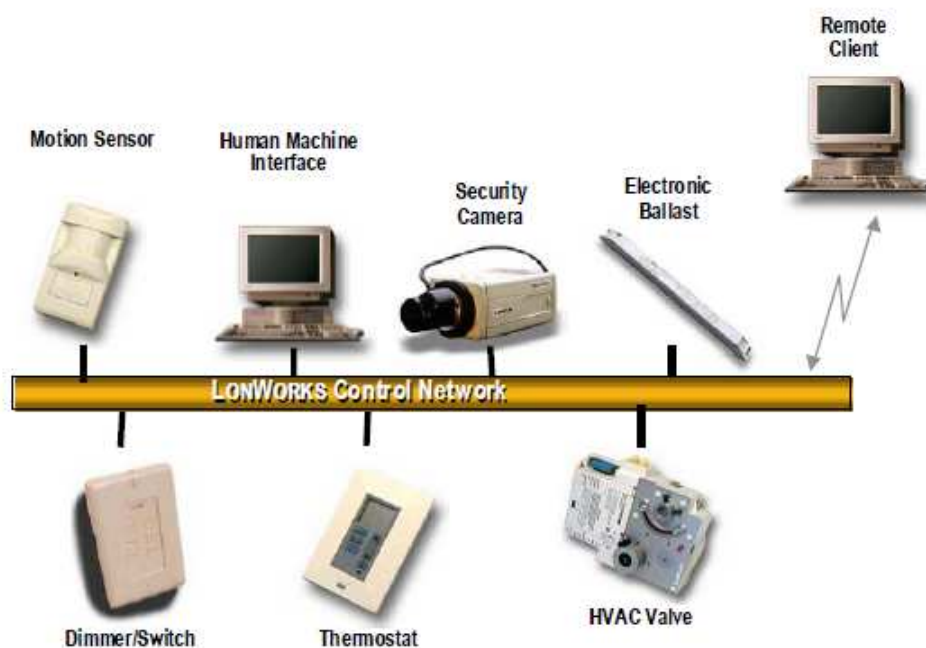


Figura 2.17: Rede de controlo LonWorks [14]

### 2.5.1 Protocolo de comunicação LonTalk

O *LonTalk* é o único protocolo suportado pelo sistema LonWorks. Ele implementa as sete camadas do modelo de referência OSI. Este protocolo é implementado no *Neuron* chip, permitindo assim que todos os dispositivos ("nós") sejam interoperáveis, o que vai originar que o protocolo *LonTalk* seja o coração da tecnologia. Na Tabela 2.4 estão representadas as sete camadas do modelo OSI [14].



Tabela 2.4: Camadas do modelo OSI [14]

Camada OSI	Objetivo	Serviços prestados
7 Aplicação	Compatibilidade de aplicação	Propriedades de configuração; Transferência de arquivos; Serviços de rede.
6 Apresentação	Interpretação de dados	Variáveis de rede; Mensagens de aplicação.
5 Sessão	Controlo	Autenticação.
4 Transporte	Confiabilidade ponto-a-ponto	Confirmação após a receção de pacotes; Detecção de pacotes duplicados.
3 Rede	Endereçamento e roteamento	Endereçamento dos dispositivos; Informação do caminho da mensagem.
2 Ligação	Empacotamento e acesso ao meio físico	Codificação de dados; Verificação de erros CRC, CSMA; Controlo e deteção de colisões; Prioridades.
1 Física	Conexões elétricas	Meios de comunicação e esquemas de modelação.

### 2.5.2 Endereçamento

O endereçamento define a forma como os pacotes são encaminhados. Estes podem ser encaminhados para um único dispositivo, para um grupo de dispositivos ou para todos os dispositivos ligados a rede, o que vai originar uma grande variedade de mecanismos de endereçamento dentro do protocolo *LonTalk*, tais como [14]:

- Endereço físico - A cada dispositivo é atribuído um único endereço físico constituído por 48 bits, denominado *Neuron ID*. Este endereço é inserido na altura do fabrico e não se altera durante o tempo de vida do equipamento. É possível comunicar através deste endereço, embora não seja aconselhável. Supondo que acontece uma avaria num dos dispositivos, não será possível obter o mesmo endereço físico e ter-se-á de alterar a programação da rede de dispositivos.
- Endereço do dispositivo - Este endereço é atribuído quando o dispositivo é instalado numa rede de equipamentos. O endereço do dispositivo é utilizado em vez do endereço físico, por ser mais eficiente no encaminhamento das mensagens e por simplificar a substituição de dispositivos. Este endereço

consiste em três componentes, nomeadamente o ID de domínio, o ID de sub-rede e o ID do nó.

1. Domínio - Identifica um conjunto de dispositivos que podem interagir entre si. Pode haver até 32385 dispositivos no mesmo domínio;
  2. Sub-rede - Identifica um conjunto de dispositivos, tendo a capacidade de inserir 127 dispositivos num único canal ou num conjunto de canais conectados por repetidores. Pode haver 256 sub-redes por domínio;
  3. Nó - Identifica um dispositivo individual dentro de uma sub-rede.
- Endereços de grupo - Conjunto lógico de dispositivos dentro de um domínio. Ao contrário de uma sub-rede, os dispositivos são agrupados sem levar em conta a sua localização física no domínio. Pode haver duzentos e cinquenta e seis (256) grupos num domínio.
  - Endereço de transmissão - Identifica todos os dispositivos dentro de uma sub-rede ou dentro de um domínio. Este tipo de endereço é um método eficiente para podermos comunicar com vários dispositivos e é habitual utilizar o endereço de transmissão em vez do endereço de grupo, para conservar o número limitado de endereços de grupo.

Todos os pacotes transmitidos numa rede LonWorks contêm sempre o endereço do dispositivo transmissor (*source address*) e o endereço do dispositivo destinatário (*destination address*), que pode ser um endereço físico, um endereço de dispositivo, um endereço de grupo ou um endereço de transmissão.

### 2.5.3 Estrutura das mensagens

A transmissão de dados é feita pelo *bus* e é descrita sob a forma de tramas, já que a informação transmitida pode denominar-se por *Media Access Control* (MAC), *Protocol Data Units* ou MPDUs. Na Figura 2.18 é possível observar a estrutura da informação transmitida.

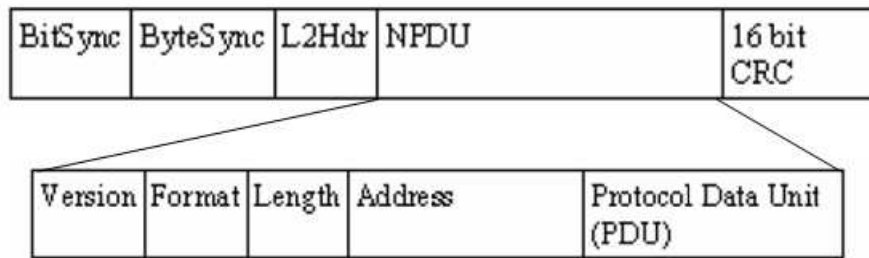


Figura 2.18: Formato das tramas MPDUs LonWorks

- O *BitSync* e o *ByteSync* têm como função avisar todos os "nós" que sincronizem os seus relógios de receção;
- O *L2Hdr* é usado pelo *Mac layer* do protocolo;
- O *NPDU* é o campo de dados a ser transmitidos;
- O CRC de 16 bits é enviado para detetar e corrigir erros, quando a mensagem é concluída.

O campo *NPDU* pode ainda ser dividido em semi-campos, como demonstra a Figura 2.18, nomeadamente:

- O semi-campo *Version*, que define a versão do protocolo;
- O semi-campo *Format*, que define o tipo de formato;
- O semi-campo *Length*, que define o comprimento da mensagem;
- O semi-campo *Address*, que depende do semi-campo *Format* e que pode conter um ou mais dos seguintes endereços:
  1. *Source address*;
  2. *Destination address*;
  3. *Subnet ID*;
  4. *Destination SubNet ID*;
  5. *Neuron ID*;
- O semi-campo *Protocol Data Unit (PDU)*, que contém os dados para comunicar com os dispositivos.

Esta comunicação obedece ao protocolo *Carrier Sense Multiple Access (CSMA)*.

### 2.5.4 Serviço de mensagens

A tecnologia LonWorks oferece quatro tipos básicos de serviços de mensagens e suporta mensagens autenticadas. Uma rede otimizada utiliza todos estes serviços, com o intuito de ter uma melhor eficiência e segurança. Todos os serviços estão elencados a seguir [14]:

- *Acknowledged* - Uma mensagem é enviada para um dispositivo ou para um grupo de dispositivos, e aguarda-se pelo *acknowledged* de cada recetor. Caso isso não aconteça o remetente volta a enviar a mensagem novamente. O número de tentativas e o tempo de espera pelo *acknowledged* de confirmação é configurável. O *acknowledged* além de servir para garantir que o recetor recebe a mensagem também serve para evitar a duplicação de mensagens.
- *Unacknowledged* - Uma mensagem é enviada para um dispositivo ou para grupo de dispositivos, e não é esperada nenhuma mensagem de confirmação por parte do recetor. Este tipo de mensagens é utilizado quando se pretende ter uma velocidade de transmissão mais elevada.
- *Repeated* - Uma mensagem é enviada várias vezes para os mesmos dispositivos. Este tipo de serviço é normalmente utilizado em vez do *acknowledged*, porque não há necessidade de confirmação de receção da mensagem. Isto torna-se importante quando é pretendido transmitir informação a um grande grupo de dispositivos. Uma mensagem do tipo *acknowledged* faria com que todos os dispositivos de receção tentassem transmitir uma resposta ao mesmo tempo.
- *Authenticated* - Permite aos recetores avaliarem se o remetente está autorizado a enviar mensagens. Desta forma, a autenticação impede o acesso não autorizado a dispositivos. Esta chave é constituída por 48 bits e é inserida o momento da instalação do dispositivo.

## 2.6 Comparação dos sistemas

Neste subcapítulo far-se-á a comparação dos vários sistemas da domótica referidos anteriormente. Nesta comparação serão abordados quatro grandes pontos: o sistema mais económico, os meios de comunicação, as velocidades de transmissão e, por último, a capacidade de dispositivos na mesma rede.

- **Sistema mais económico**

O sistema mais económico é o sistema X10. Este sistema da domótica foi o primeiro a ser desenvolvido na década de 70. Para se desenvolver uma pequena rede de domótica com este sistema será necessário um transmissor de sinal (como por exemplo, um TM12 ou um CM11) e um recetor de sinal (como por exemplo, um LM12 ou AM12). Um *kit* de iniciação custa 210 euros e já contém um Módulo de Lâmpada - LM12, um Módulo de aparelho - AM12, uma Interface para Computador - CM11 e um Módulo Transmissor - TM12 [15]. Na Figura 2.19 podemos observar os módulos que o *kit* de iniciação contém.



Figura 2.19: *Kit* de iniciação X10 [15]

Em relação às tecnologias EIB, KNX, CEBus e LonWorks, estas apresentam custos mais elevados, tendo a vantagem de serem mais robustas. Desta forma, estas tecnologias são mais indicadas para edifícios de grande dimensão.

- **Meios de comunicação**

Na Tabela 2.5 é possível observar os meios de comunicação suportados por cada sistema.

Tabela 2.5: Meios de comunicação suportados pelos sistemas

Sistema	Rede elétrica	Cabo TP	Radiofrequência	Infravermelho	Ethernet
X10	X		X		
EIB	X	X	X	X	X
KNX	X	X	X	X	X
CEBus	X	X	X	X	X

Observa-se que a tecnologia X10 é a que suporta menos meios de comunicação, contudo, e como referido, é o sistema mais económico.

#### • Velocidades de transmissão

As velocidades de transmissão variam de sistema para sistema. O sistema X10 tem uma velocidade de transmissão de 50 ou 60 bits/s, devido à frequência de rede elétrica.

Relativamente ao sistema EIB, ele tem uma velocidade de transmissão de 9600 bits/s utilizando o par de cobre entrançado e uma velocidade de 1200 bits/s utilizando como meio de comunicação a rede elétrica.

A tecnologia KNX transmite dados a várias velocidades dependendo do meio. Caso seja utilizado um par de cobre proveniente do sistema Batibus a taxa de transferência é de 2400 bits/s, enquanto que se for utilizado um par de cobre proveniente do sistema EIB a taxa de transferência é de 9600 bits/s. Se for utilizada a rede elétrica as velocidades de transferência de dados podem ser 1200 bits/s ou 2400 bits/s, respetivamente PL110 (proveniente do sistema EIB) e PL132 (proveniente do sistema EHS).

Na tecnologia LonWorks, dependendo do meio de comunicação, a velocidade de transmissão de dados pode variar entre 1 kbits/s a 1.25 Mbits/s.

#### • Capacidade de dispositivos na mesma rede

Na Tabela 2.6 são indicados os números de dispositivos, que as tecnologias X10, EIB, LonWorks e CEBus suportam.

Tabela 2.6: Numero de dispositivos suportados por cada sistema

Sistema	Número de dispositivos
X10	256
EIB	65536
CEBus	65536
LonWorks	32000

Através da tabela podemos observar que a tecnologia X10 é a que suporta menos equipamentos ligados à mesma rede e que as tecnologias EIB, CEBus e LonWorks são as tecnologias que suportam mais equipamentos. Através deste facto, podemos dizer que a tecnologia X10 é indicada para pequenos edifícios e que as restantes tecnologias são mais indicadas para grandes edifícios.

## 2.7 Projetos relacionados com domótica

Neste subcapítulo são referidos algumas teses e artigos relacionados com o tema domótica, realizados por outros autores.

### 2.7.1 Building Intelligence Open System (BIOS)

Tese realizada por Fábio Ferreira, na Faculdade Superior de Engenharia de Lisboa. O autor constata que grande parte dos produtos existentes no mercado, não disponibilizam um protocolo aberto. Devido a este facto, torna-se difícil a conceção de sistemas de gestão e de controlo integrado utilizando sistemas de diversos fabricantes. Assim, o problema do autor passa por interligar vários subsistemas, tais como, climatização, iluminação e elevadores, entre outros.

A solução proposta consiste em interligar todos os subsistemas a um bus (BIOS-bus), sendo que através desta ligação será possível controlar e monitorizar todos os subsistemas e atingir uma gestão energética mais eficaz. Outra particularidade desta solução é o facto de um subsistema não interferir com outros, mas sempre que necessário será possível comunicar entre os subsistemas. Desta forma, utilizando esta arquitetura pode-se adicionar novos subsistemas sem alterar os anteriores.

O autor desenvolveu um protótipo laboratorial no qual utilizou vários protoco-

los de comunicação e múltiplos fornecedores. Para a criação deste protótipo foram desenvolvidos dois programas em linguagem *ladder* (utilizando como sistema de automação um PLC). Um dos programas foi utilizado na simulação do controlo de um elevador, em que era possível bloquear e desbloquear o seu funcionamento, ao passo que o outro programa foi utilizado na deteção de CO<sub>2</sub>, num parque de estacionamento. Assim, consoante a quantidade de CO<sub>2</sub> existente no parque seria controlada a aceleração dos ventiladores. Para a comunicação entre o computador e os equipamentos desenvolvidos foi utilizada a *Ethernet*.

### 2.7.2 Wireless Communication in Home and Building Automation

Tese realizada por Christian Reinisch. A autora constatou que hoje em dia muitas instalações de automação em edifícios estão a utilizar como meio de comunicação o par de cobre entrançado (*Twisted Pair*). A utilização de tecnologia sem fios em edifícios apresenta bastantes vantagens e muitos desafios.

Esta tese dá uma apresentação geral de pré-requisitos sobre a utilização de meios de comunicação *wireless*. Para a resolução do problema apresentado foram utilizados módulos *Zigbee*.

### 2.7.3 VisãoWeb - Vigilância e controlo remoto

Tese realizada por António André Jácome Pereira da Silva, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Esta dissertação teve como objetivo o estudo de vários sistemas da domótica (com mais destaque dos sistemas X10 e EIB), de vários sistemas de vigilância e, por último, o desenvolvimento de uma aplicação capaz de interligar o controlo entre vários dispositivos e a sua visualização.

A base para o desenvolvimento da aplicação foi a plataforma. NET da *Microsoft*, programada em linguagem C.



### 2.7.4 A Zigbee-based monitoring and protection system for building electrical safety

Neste artigo foi apresentada uma proposta de uma instalação na área de segurança elétrica através do uso de módulos *Zigbee*. Os principais componentes dos sistemas de distribuição tradicionais nos edifícios são os fusíveis e os disjuntores, cujas funções são transmitir energia e proteger contra a sobrecarga.

Os disjuntores só têm a função de proteção de sobrecarga e não são completamente eficazes na prevenção de fogos elétricos causados por mau contacto. Além disso, todos os equipamentos estão ligados no mesmo circuito devido aos disjuntores.

Neste documento, o sistema proposto consiste num mecanismo de proteção, a fim de melhorar as funções dos sistemas de distribuição tradicionais. O sistema pode definir dinamicamente o limite de sobrecarga das tomadas e evitar os efeitos sobre outros equipamentos no mesmo circuito. Além disso, foi construída uma função de autoproteção com base no controlo da temperatura, evitando assim incêndios.



## Capítulo 3

### Arquitetura proposta

De forma a resolver o problema referido no Capítulo 1, é proposta uma arquitetura que permita ao utilizador uma flexibilidade na utilização de vários sistemas, nomeadamente, o sistema X10, o sistema EIB, autómatos industriais e dispositivos de radiofrequência (RF). Nesta arquitetura é, ainda, inserido um computador, com o intuito de registar todos os acontecimentos.

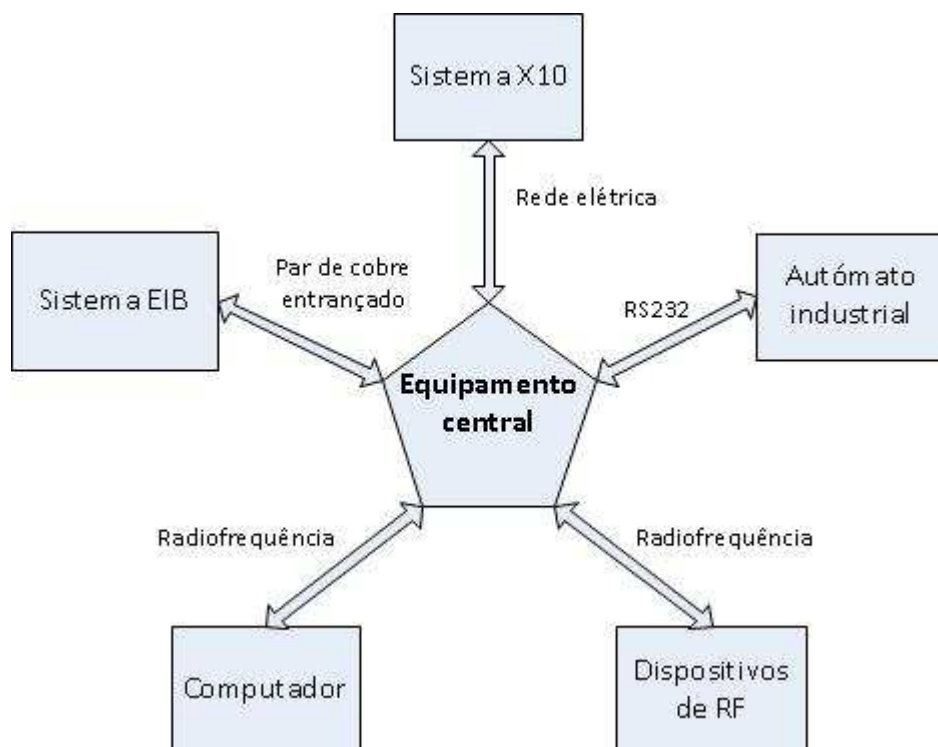


Figura 3.1: Arquitetura proposta

Seguidamente é explicada a escolha destes sistemas.

O sistema X10 foi escolhido porque utiliza como meio de comunicação a rede elétrica de 220VAC, já instalada nas habitações. Outro aspeto prende-se com o facto de esta tecnologia ser acessível economicamente. Por último, os dispositivos deste sistema são *Plug&Play*, ou seja, não necessitam de grandes configurações para o seu funcionamento.

Em relação ao sistema EIB, este foi escolhido por ser uma tecnologia mais recente e por permitir controlar edifícios de maior dimensão. Este sistema tem, também, a capacidade de utilizar diversos meios de comunicação.

Relativamente aos autómatos industriais, estes foram introduzidos na arquitetura de forma a demonstrar a possibilidade da sua utilização no controlo de edifícios.

Em relação aos dispositivos de RF, estes foram introduzidos, pois a sua comunicação é realizada sem a necessidade de cablagem, tornando desnecessária a instalação de meios de comunicação.

Por último, foi introduzido na arquitetura o computador, com o objetivo referido anteriormente e para que o utilizador pudesse controlar e monitorizar o edifício ou habitação à distância.

## 3.1 Sistemas de comunicação

A comunicação entre os sistemas assume um papel muito importante, pois terá de garantir que a informação chega ao sistema pretendido. Na arquitetura proposta são utilizados vários meios de comunicação, nomeadamente a rede elétrica de 220VAC (para o sistema X10), o par de cobre entrançado (para o sistema EIB), o cabo RS232 (para o autómato industrial) e a radiofrequência (para os dispositivos de radiofrequência).

### 3.1.1 Comunicação Dispositivo RF - Dispositivo RF

Na comunicação entre os dispositivos de radiofrequência foi proposta uma estrutura de mensagem que contém um código de início (1 char), o endereço (2 char), a

função (1 char) e, por último, o código de fim de mensagem (1 char). Na Figura 3.2 pode-se ver a organização da estrutura da mensagem.

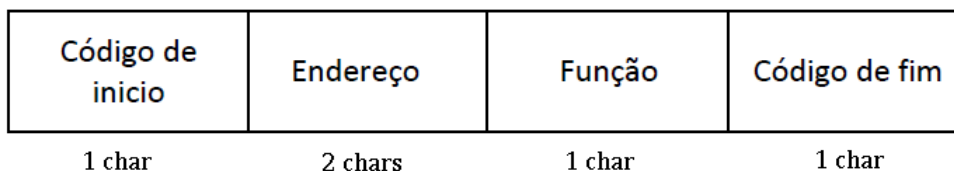


Figura 3.2: Estrutura da mensagem proposta RF

Relativamente ao endereço, este é definido utilizando dois caracteres alfanuméricos, em que o primeiro é uma letra (A - I) e o segundo é um número (1 - 9).

De seguida será dado um exemplo do funcionamento da comunicação entre os dispositivos de radiofrequência.

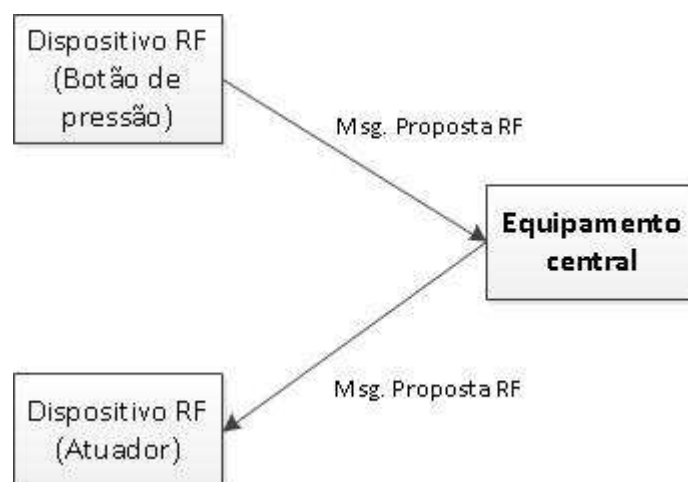


Figura 3.3: Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Dispositivo RF

Como é possível observar na Figura 3.3, quando é pressionado um botão de pressão dos dispositivos de radiofrequência a mensagem é enviada, em primeiro lugar, ao equipamento central. Após o equipamento central receber a mensagem, irá reencaminhá-la para o atuador. Observa-se que os dispositivos não comunicam diretamente entre si e que a informação terá de passar pelo equipamento central.

### 3.1.2 Comunicação Dispositivo RF - Computador

A comunicação entre o dispositivo de radiofrequência e o computador é feita na base da estrutura da mensagem proposta anteriormente. O computador terá a responsabilidade de se aperceber das mensagens que circulam no equipamento central de modo a poder registá-las.

Na Figura 3.4 é ilustrado o seu procedimento.

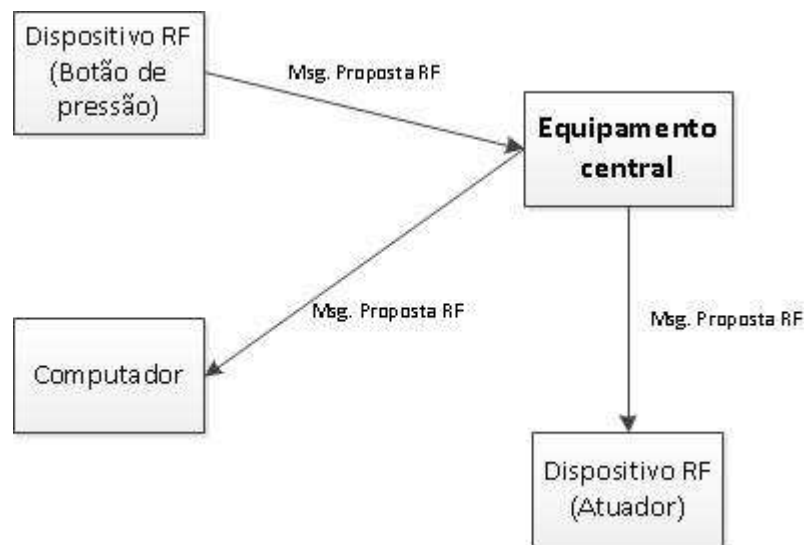


Figura 3.4: Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Computador

Através da figura, observa-se que quando o botão de pressão é acionado, a informação irá primeiro para o equipamento central. Depois desse primeiro passo, seguirá para o computador e para o dispositivo RF (atuador), permitindo assim registar o acontecimento.

### 3.1.3 Comunicação Dispositivo RF - Autômato

Na comunicação entre os dispositivos de radiofrequência e o autômato industrial foram definidos os endereços dos dispositivos de radiofrequência, que o equipamento central terá a capacidade de reconhecer e de converter para mensagens *Modbus*/Rs232. Exemplificando, caso um botão de pressão dos dispositivos RF seja pressionado e tenha um dos endereços predefinidos, o equipamento central irá encaminhar a mensagem para o autômato na estrutura *Modbus*/Rs232, de forma a ativar/desativar uma saída do autômato.

Na Tabela 3.1 são representados os endereços que o equipamento central terá capacidade de reconhecer e de converter para mensagens *Modbus*/Rs232.

Tabela 3.1: Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Autômato)

Endereços do dispositivo RF	Converte para
A-1 on	<i>Slave</i> 1 saída Y0 on
A-1 off	<i>Slave</i> 1 saída Y0 off
A-2 on	<i>Slave</i> 1 saída Y1 on
A-2 off	<i>Slave</i> 1 saída Y1 off
A-3 on	<i>Slave</i> 1 saída Y2 on
A-3 off	<i>Slave</i> 1 saída Y2 off
A-4 on	<i>Slave</i> 1 saída Y3 on
A-4 off	<i>Slave</i> 1 saída Y3 off
A-5 on	<i>Slave</i> 1 saída Y4 on
A-5 off	<i>Slave</i> 1 saída Y4 off
A-6 on	<i>Slave</i> 1 saída Y5 on
A-6 off	<i>Slave</i> 1 saída Y5 off
A-7 on	<i>Slave</i> 1 saída Y6 on
A-7 off	<i>Slave</i> 1 saída Y6 off
A-8 on	<i>Slave</i> 1 saída Y7 on
A-8 off	<i>Slave</i> 1 saída Y7 off

A estrutura de mensagem *Modbus*/Rs232 está representada na Figura 3.5 e é constituída pelos seguintes campos: o endereço, a função, os dados e, por último, o campo CRC/LRC (*Cycling Redundancy Check* / *Longitudinal Redundancy Check*).

Endereço	Função	Dados	CRC/LRC
----------	--------	-------	---------

Figura 3.5: Estrutura da mensagem *Modbus*/Rs232

Seguidamente é representado um esquema (Figura 3.6), a exemplificar o funcionamento desta comunicação.

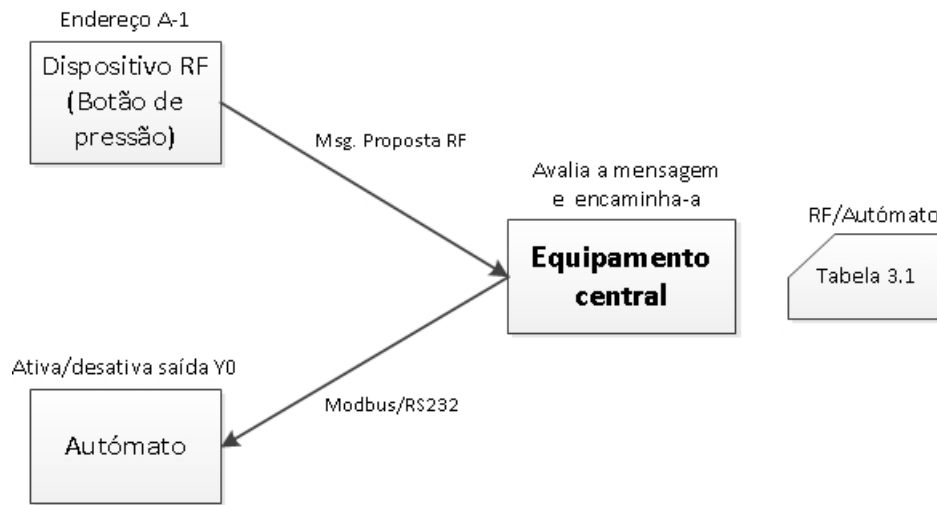


Figura 3.6: Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Autômato

### 3.1.4 Comunicação Dispositivo RF - Sistema X10

Na comunicação entre os dispositivos RF e o sistema X10 foram definidos endereços dos dispositivos RF, com a mesma funcionalidade que na comunicação entre os Dispositivos RF - Autômato. Neste caso, em vez da mensagem ser convertida para mensagens *ModBus*/Rs232, são injetados vários sinais de alta frequência na rede elétrica de forma a ativar/desativar aparelhos X10.

Na Tabela 3.2 são indicados os vários endereços predefinidos.

Através da Figura 3.7 é possível observar a estrutura das mensagens do sistema X10, sendo esta constituída por dois grupos principais: um correspondente ao endereço do dispositivo e o outro à função.

O grupo correspondente ao endereço é constituído por quatro subgrupos, sendo eles, o código de início, o código de casa, o código do dispositivo e, por último, o bit auxiliar. Em relação ao grupo correspondente à função, este é constituído por quatro subgrupos, nomeadamente, o código de início, o código de casa, o código da função e, por último, o bit auxiliar.



Tabela 3.2: Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Sistema X10)

Endereços do dispositivo RF	Converte para
B-1 on	Endereço B1 on
B-1 off	Endereço B1 off
B-2 on	Endereço B2 on
B-2 off	Endereço B2 off
B-3 on	Endereço B3 on
B-3 off	Endereço B3 off
B-4 on	Endereço B4 on
B-4 off	Endereço B4 off
B-5 on	Endereço B5 on
B-5 off	Endereço B5 off
B-6 on	Endereço B6 on
B-6 off	Endereço B6 off
B-7 on	Endereço B7 on
B-7 off	Endereço B7 off
B-8 on	Endereço B8 on
B-8 off	Endereço B8 off

Código de Início	Código da casa	Código do dispositivo	Bit = 0
		Código da função	Bit = 1

Figura 3.7: Estrutura da mensagem X10

Seguidamente é representado um esquema (Figura 3.8), a exemplificar o funcionamento desta comunicação.

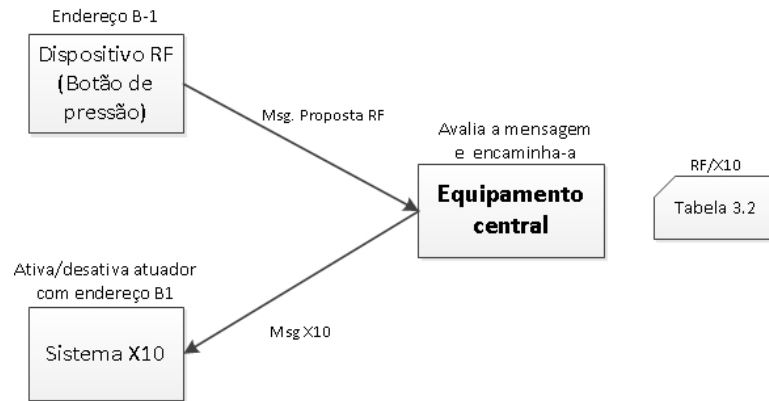


Figura 3.8: Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Sistema X10

### 3.1.5 Comunicação Dispositivo RF - Sistema EIB

Os endereços definidos para a comunicação Dispositivos RF - Sistema EIB estão representados na Tabela 3.3. Durante a comunicação, o equipamento central receberá a mensagem proveniente dos dispositivos RF e irá convertê-la para o par de cobre entrançado, de modo a comunicar com atuadores do sistema EIB.

Tabela 3.3: Conversões predefinidas (Dispositivo RF - Sistema EIB)

Endereços do dispositivo RF	Converte para
C-1 on	Endereço 1.1.1 on
C-1 off	Endereço 1.1.1 off
C-2 on	Endereço 1.1.2 on
C-2 off	Endereço 1.1.2 off
C-3 on	Endereço 1.1.3 on
C-3 off	Endereço 1.1.3 off
C-4 on	Endereço 1.1.4 on
C-4 off	Endereço 1.1.4 off
C-5 on	Endereço 1.1.5 on
C-5 off	Endereço 1.1.5 off
C-6 on	Endereço 1.1.6 on
C-6 off	Endereço 1.1.6 off
C-7 on	Endereço 1.1.7 on
C-7 off	Endereço 1.1.7 off
C-8 on	Endereço 1.1.8 on
C-8 off	Endereço 1.1.8 off

Através da Figura 3.9 é possível observar a estrutura das mensagens do sistema

EIB, sendo esta constituída pelos seguintes campos: Campo de controlo, Endereço de origem, Endereço Destino, Contador, Comprimento, Dados, Verificação.

Campo de Controlo	Endereço Origem	Endereço Destino	Contador	Comprimento	Dados	Verificação
8 bits	16 bits	16+1 bits	3 bits	4 bits	Até 128 bits	8 bits

Figura 3.9: Estrutura da mensagem EIB

De seguida, é representado um esquema (Figura 3.10) a exemplificar o funcionamento desta comunicação.

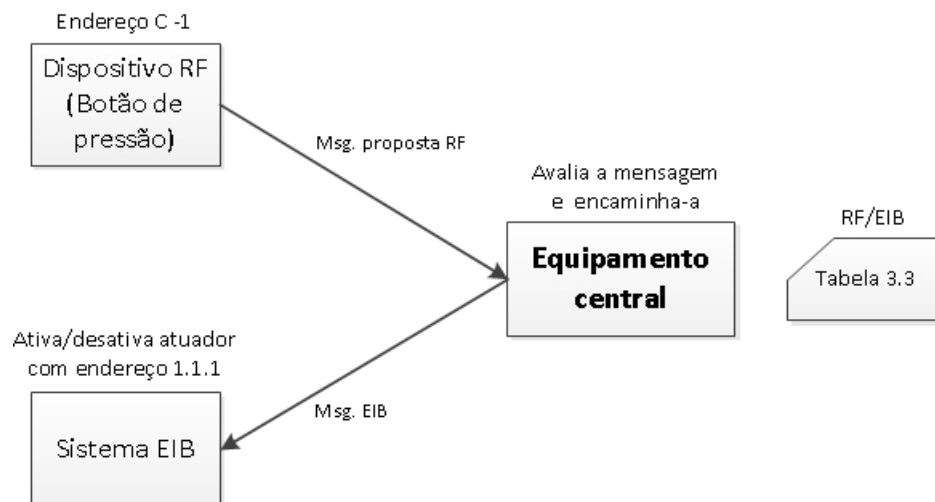


Figura 3.10: Exemplo da comunicação Dispositivo RF - Sistema EIB

### 3.1.6 Comunicação Sistema EIB - Sistema X10

Os endereços definidos para a comunicação Sistema EIB - Sistema X10 estão representados na Tabela 3.4. Nesta comunicação, o equipamento central irá receber a mensagem proveniente do sistema EIB (par de cobre entrançado) e irá convertê-la para o sistema X10 (rede elétrica).

Tabela 3.4: Conversões predefinidas (Sistema EIB - Sistema X10)

Endereços do sistema EIB	Converte para
1.0.1 on	Endereço A1 on
1.0.1 off	Endereço A1 off
1.0.2 on	Endereço A2 on
1.0.2 off	Endereço A2 off
1.0.3 on	Endereço A3 on
1.0.3 off	Endereço A3 off
1.0.4 on	Endereço A4 on
1.0.4 off	Endereço A4 off
1.0.5 on	Endereço A5 on
1.0.5 off	Endereço A5 off
1.0.6 on	Endereço A6 on
1.0.6 off	Endereço A6 off
1.0.7 on	Endereço A7 on
1.0.7 off	Endereço A7 off
1.0.8 on	Endereço A8 on
1.0.8 off	Endereço A8 off

Seguidamente é representado um esquema (Figura 3.11) a exemplificar o funcionamento desta comunicação.

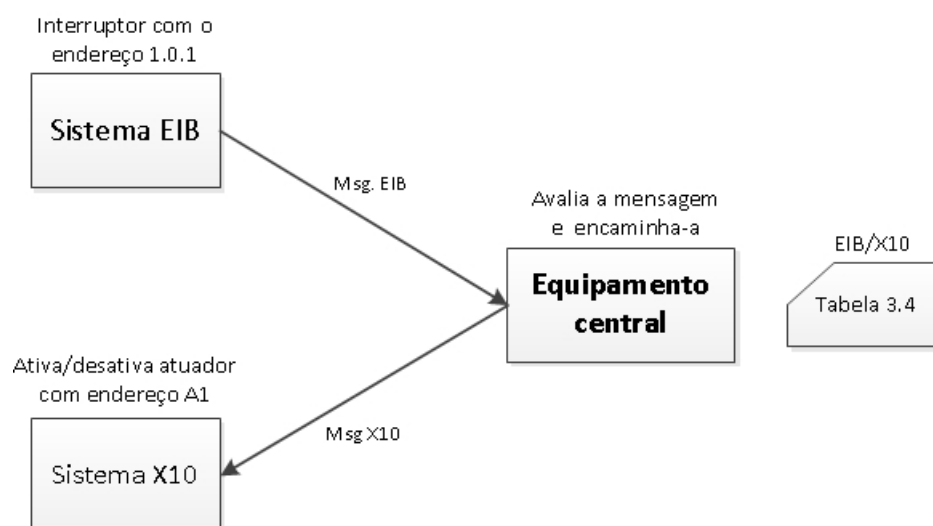


Figura 3.11: Exemplo da comunicação Sistema EIB - Sistema X10

### 3.1.7 Comunicação Computador - Equipamento central

Através do computador será possível enviar ordens para o equipamento central, com a intenção de poder controlar os dispositivos de radiofrequência, o autômato industrial, o sistema X10 e o sistema EIB. Para isso ser possível, o equipamento central avalia a mensagem recebida através do computador e encaminha-a para o dispositivo pretendido. Na Figura 3.12 pode-se ver um esquema a exemplificar o funcionamento.

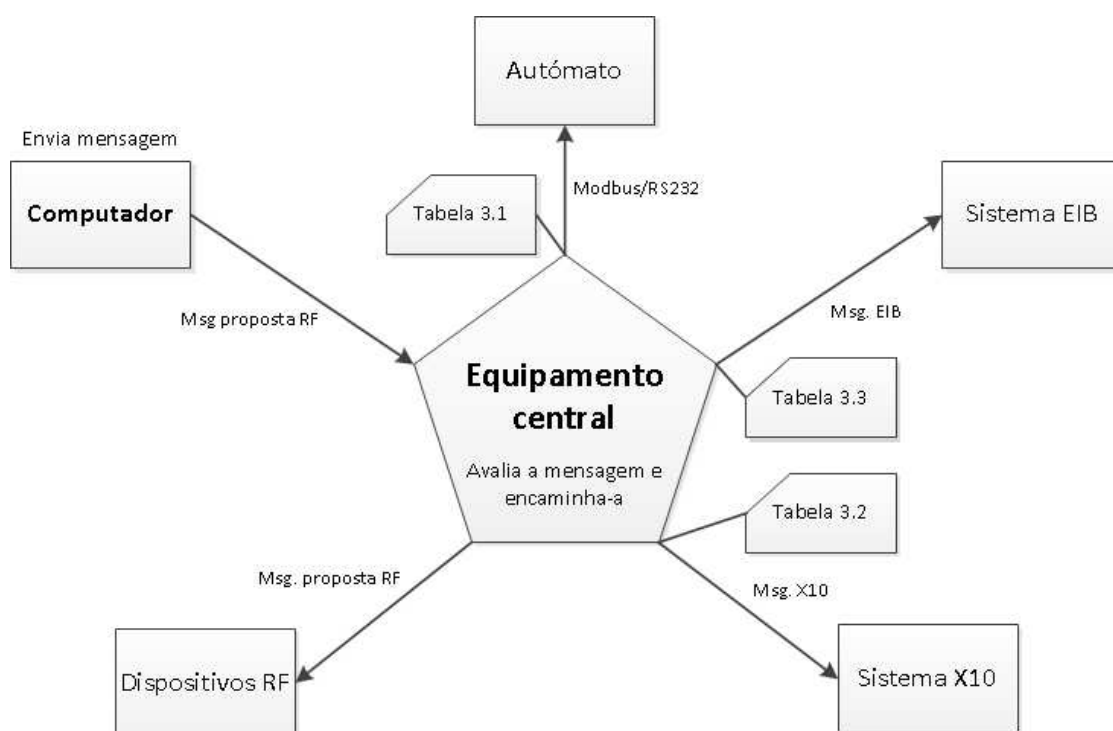


Figura 3.12: Exemplo da comunicação Computador - Equipamento central



## Capítulo 4

### Implementação

Este trabalho tem como principal objetivo implementar uma solução integradora, capaz de controlar e monitorizar uma habitação. Esta implementação baseia-se na arquitetura explanada anteriormente, que integra três sistemas, dispositivos RF, um autómato industrial e um computador, permitindo assim controlar e monitorizar vários parâmetros da habitação. Na Figura 4.1 é representada a introdução dos dispositivos na implementação.

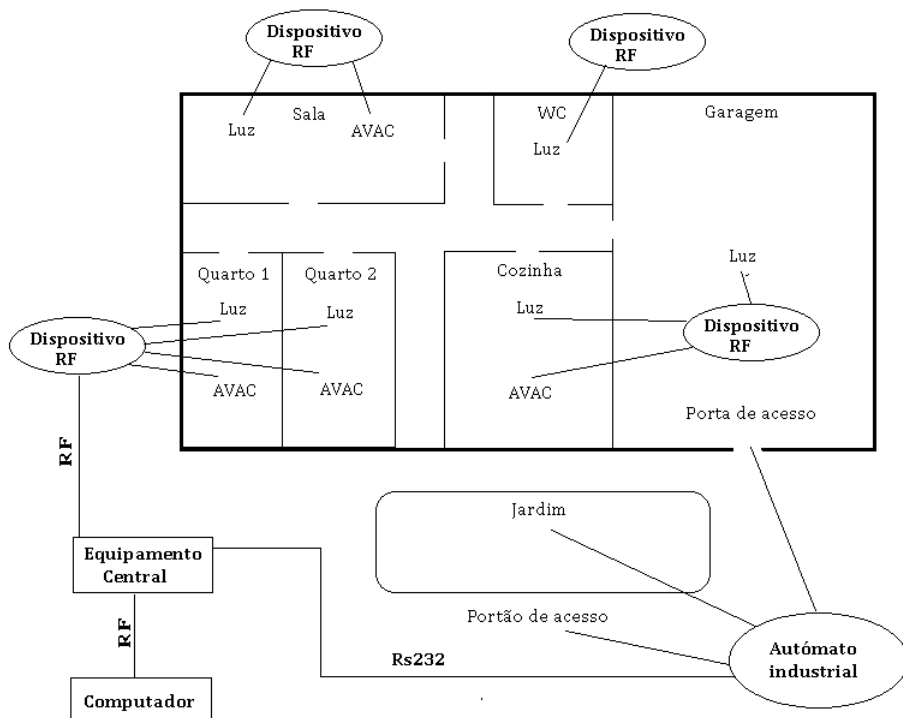


Figura 4.1: Representação dos parâmetros a controlar

Através dos dispositivos RF é controlada a iluminação e os sistemas de AVAC.

Com o autômato industrial é controlado o sistema de rega e a abertura/fecho de portões e portas de acesso.

Quanto ao computador, este regista os acontecimentos de todas as ações tomadas na habitação, sendo também permitido dar ordens através do mesmo.

No presente capítulo será explicado o desenvolvimento dos dispositivos de RF, bem como a comunicação com o autômato industrial. Seguidamente, será abordada a forma como o equipamento central foi desenvolvido. Por último, será explicado o desenvolvimento do *hardware* e da interface para o computador.

## 4.1 Desenvolvimento dos dispositivos RF

Para o desenvolvimento dos dispositivos RF, no intuito de transmitir as mensagens, foram experimentados dois métodos: o primeiro usando módulos RF (Figura 4.2) e o segundo recorrendo a módulos Xbee (Figura 4.5).

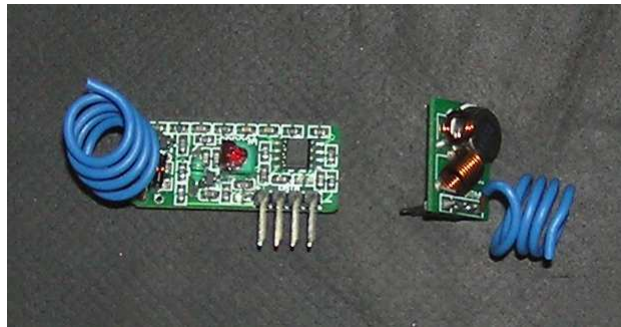


Figura 4.2: Módulos RF

Os módulos RF foram testados a transmitir mensagens à velocidade de 2400 bits/s num edifício de quatro andares (mais ou menos quinze metros), onde operaram sem dificuldades. Este teste leva a concluir que a esta distância e velocidade, os módulos RF podem transmitir mensagens sem a ocorrência de erros.

O funcionamento destes módulos está representado na Figura 4.3, onde um microcontrolador (PIC) injeta uma mensagem através do seu pino USART TX (*Uni-*



*versal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter - Transmitter*) no módulo RF transmissor, e por sua vez, outro microcontrolador recebe a mensagem no pino USART RX (*Receiver*) proveniente do módulo RF recetor.

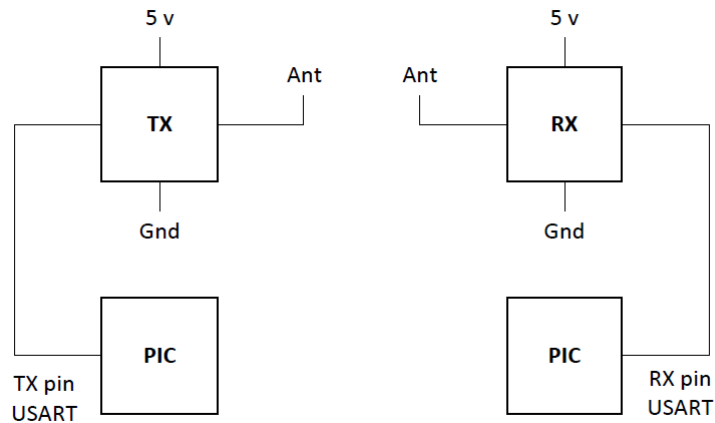


Figura 4.3: Funcionamento dos módulos RF

Em relação aos módulos Xbee (*MAXStream*), estes transmitem mensagens a uma velocidade mais elevada e a uma maior distância, chegando aos 30 metros em ambientes fechados e a 100 metros em ambientes abertos [16].

Outra vantagem dos últimos módulos mencionados (Xbee) trata-se da possibilidade de poderem existir várias topologias de redes, nomeadamente em estrela, em árvore ou em malha. Na Figura 4.4 podem-se ver as várias configurações mencionadas [16].

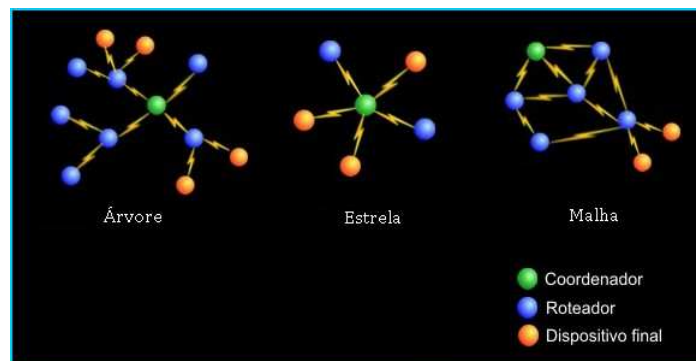


Figura 4.4: Topologias de rede Xbee [16]

O Xbee apresenta, também, um protocolo de comunicação próprio que garante que as mensagens cheguem sempre ao seu destino.



Figura 4.5: Módulo Xbee (*MAXStream*) [17]

Após constatar estas vantagens, optou-se pela utilização dos módulos Xbee para o desenvolvimento dos dispositivos de RF.

#### 4.1.1 Fonte de alimentação

A fonte de alimentação foi desenvolvida de forma a ser possível ligar os dispositivos de RF à rede elétrica de 220VAC. Foram testados vários circuitos elétricos de forma a optar pelo mais económico. Os dois circuitos com melhor performance são representados de seguida.

Circuito 1 contém os seguintes componentes:

- Um transformador de 220VAC para 12VAC;
- Uma ponte retificadora (2KBB40);
- Dois condensadores de  $470\mu F$ .
- Um regulador de tensão (L7805CV).

Circuito 2 contém os seguintes componentes:

- Duas resistências de  $1M\Omega$  ;
- Dois condensadores de  $0.01\mu F$ ;
- Dois condensadores de  $1,8\mu F$ ;
- Um condensador de  $1000\mu F$ ;
- Quatro díodos (1N4004);
- Um zener de 12V(1N742);
- Um regulador de tensão (L7805CV).

Seguidamente são representados os esquemas elétricos, sendo que a Figura 4.6 corresponde ao circuito 1 e a Figura 4.7 corresponde ao circuito 2.

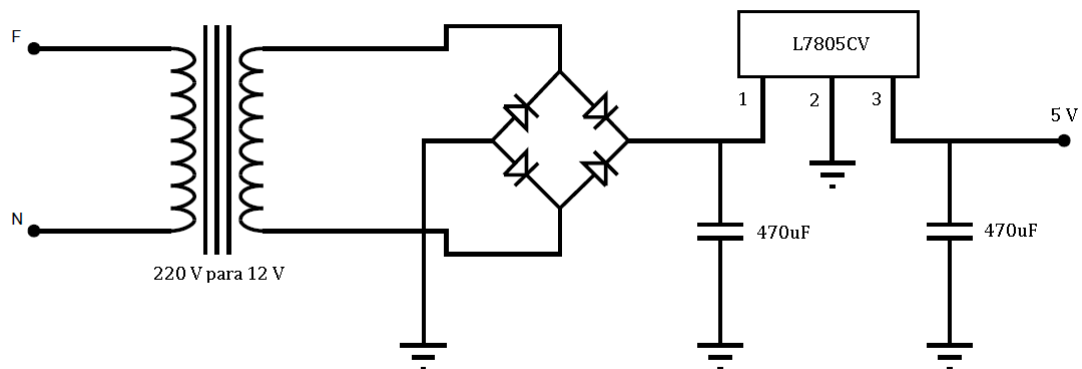


Figura 4.6: Fonte de alimentação 1

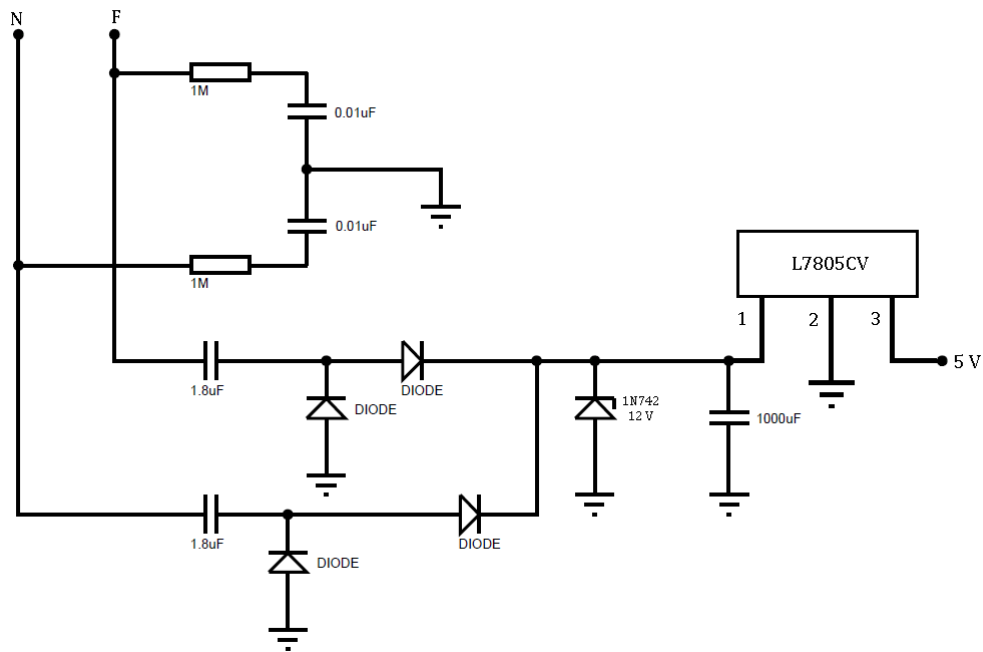


Figura 4.7: Fonte de alimentação 2

Depois de testar estes dois circuitos numa placa de montagem, chegou-se à conclusão que os seus comportamentos eram muito semelhantes e que ambos garantiam o isolamento da terra. Assim, optou-se pelo esquema do circuito 2 por ser mais económico. A Figura 4.8 ilustra uma placa desenvolvida, que contém a fonte de alimentação para os dispositivos de radiofrequência.

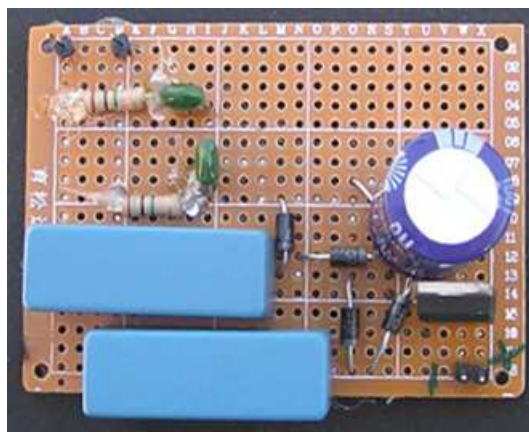


Figura 4.8: Fonte de alimentação desenvolvida

### 4.1.2 Desenvolvimento das placas Xbee

As placas Xbee foram desenvolvidas devido aos módulos Xbee serem alimentados a 3.3V e a fonte de alimentação ter sido projetada para fornecer 5V. Outro motivo prendeu-se com o facto de facilitar a montagem dos dispositivos RF (protótipos).

A placa Xbee é composta por:

- Um módulo Xbee;
- Um regulador de tensão de 3.3V (lm117 - DT - 3.3).

Seguidamente é representado (Figura 4.9) o esquema elétrico da placa desenvolvida.

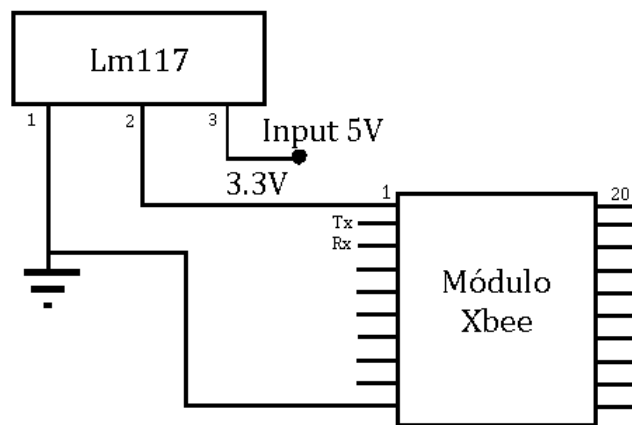


Figura 4.9: Esquema elétrico da placa Xbee desenvolvida

Na Figura 4.10 pode-se ver a placa desenvolvida.

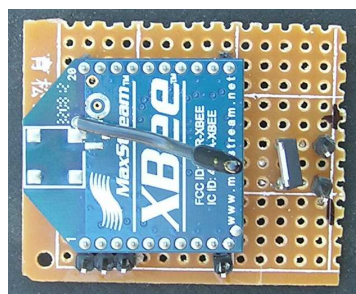


Figura 4.10: Placa Xbee desenvolvida

### 4.1.3 Dispositivo RF transmissor

Os dispositivos RF transmissores foram desenvolvidos para funcionarem como botões de pressão (interruptores), de forma a mostrarem a sua capacidade de enviar mensagens a outros dispositivos de RF.

Estes dispositivos são compostos por:

- Uma fonte de alimentação (referida anteriormente);
- Uma placa Xbee (referida anteriormente);
- Um microcontrolador PIC16F876;
- Um cristal 20Mhz;
- Dois potenciômetros rotativos de  $2200\Omega$ ;
- Dois botões;
- Uma resistência de 10k;
- Duas resistências de 2k2.

Na Figura 4.11 é representado o esquema elétrico do dispositivo RF transmissor.

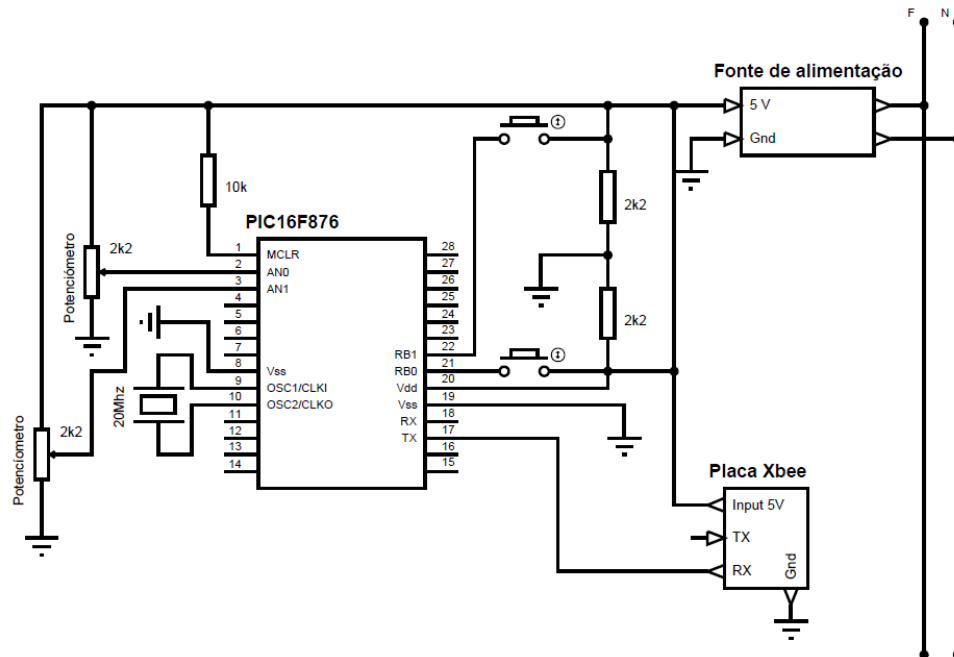


Figura 4.11: Esquema elétrico do dispositivo RF transmissor

Relembrando a estrutura da mensagem proposta anteriormente, esta contém um endereço constituído por dois caracteres. Os dois potenciômetros foram utilizados para poderem efetuar a seleção dos endereços.

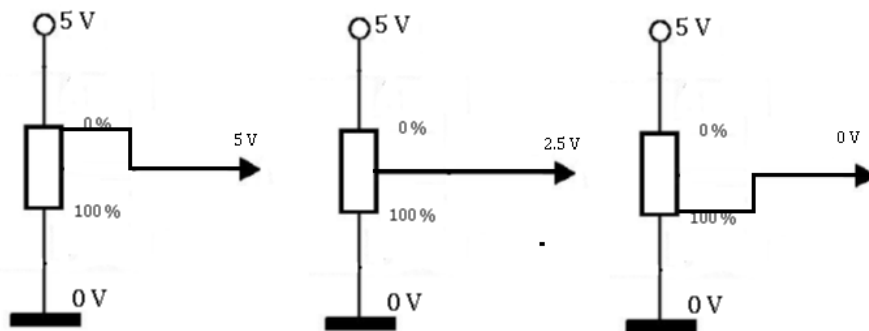


Figura 4.12: Variação da tensão à saída do potenciômetro

A Figura 4.12 mostra que quando é alterada a percentagem dos potenciômetros, a tensão de saída vai-se alterando. Dado isto, foram utilizadas duas entradas analógicas do PIC16F876 (o pino AN0 e o pino AN1), de modo a selecionar os endereços.

Na Tabela 4.1 estão indicados os valores das tensões a que correspondem os endereços.

Tabela 4.1: Correspondência dos endereços

Valor da tensão	Endereço (1 <sup>o</sup> caracter)	Endereço (2 <sup>o</sup> caracter)
0 - 0.55	A	1
0.56 - 1.11	B	2
1.12 - 1.66	C	3
1.67 - 2.22	D	4
2.23 - 2.77	E	5
2.78 - 3.33	F	6
3.34 - 3.88	G	7
3.89 - 4.44	H	8
4.45 - 5	I	9

Relativamente aos botões, estes foram utilizados para ser possível enviar duas funções distintas, uma que corresponde à função "ON" (botão ligado ao pino RB0) e outra que corresponde à função "OFF" (botão ligado ao pino RB1). Foram escolhidos os caracteres "L" e "D" para representarem estas funções.

Seguidamente será exemplificado o funcionamento do dispositivo RF transmissor. Se o valor da tensão à saída do potenciômetro, que corresponde ao endereço (1<sup>o</sup> caracter), estiver entre 0V e 0.55V, e se o valor da tensão à saída do potenciômetro, que corresponde ao endereço (2<sup>o</sup> caracter), estiver entre 4.45V e 5V, o endereço do dispositivo será "A9". Caso seja premido o botão que corresponde à função "ON" é enviada uma mensagem com os caracteres "IA9LF", em que o caracter "I" corresponde ao código de início, o caracter "A" corresponde ao endereço (1<sup>o</sup> caracter), o caracter "9" corresponde ao endereço (2<sup>o</sup> caracter), o caracter "L" corresponde à função "ON" e, por último, o caracter "F" corresponde ao código de fim de mensagem.

Em relação ao código desenvolvido para este dispositivo, foram utilizadas duas funções, nomeadamente, a função "timer" e a função "main". Na Figura 4.13 é representado o fluxograma da função "timer" e na Figura 4.14 é representado o



fluxograma da função "main".

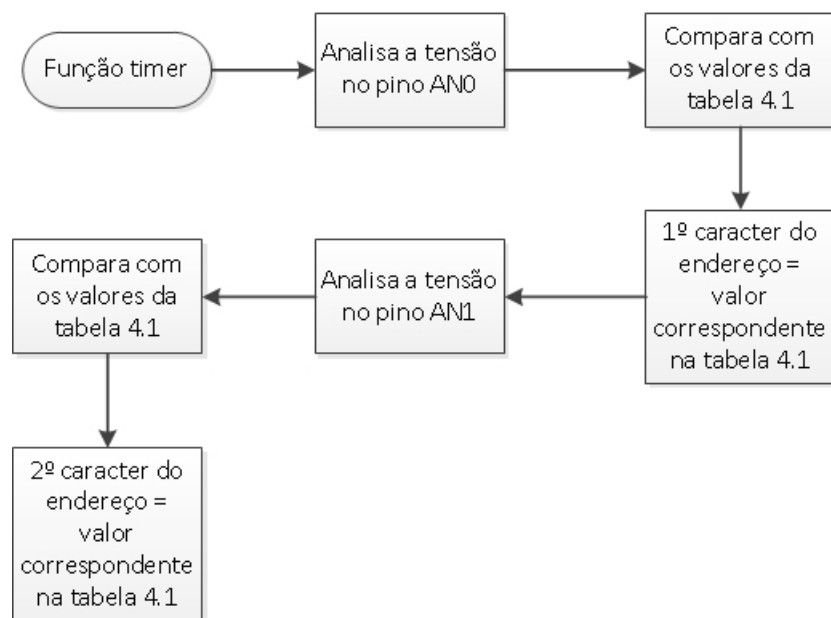


Figura 4.13: Fluxograma da função "timer" do dispositivo RF transmissor

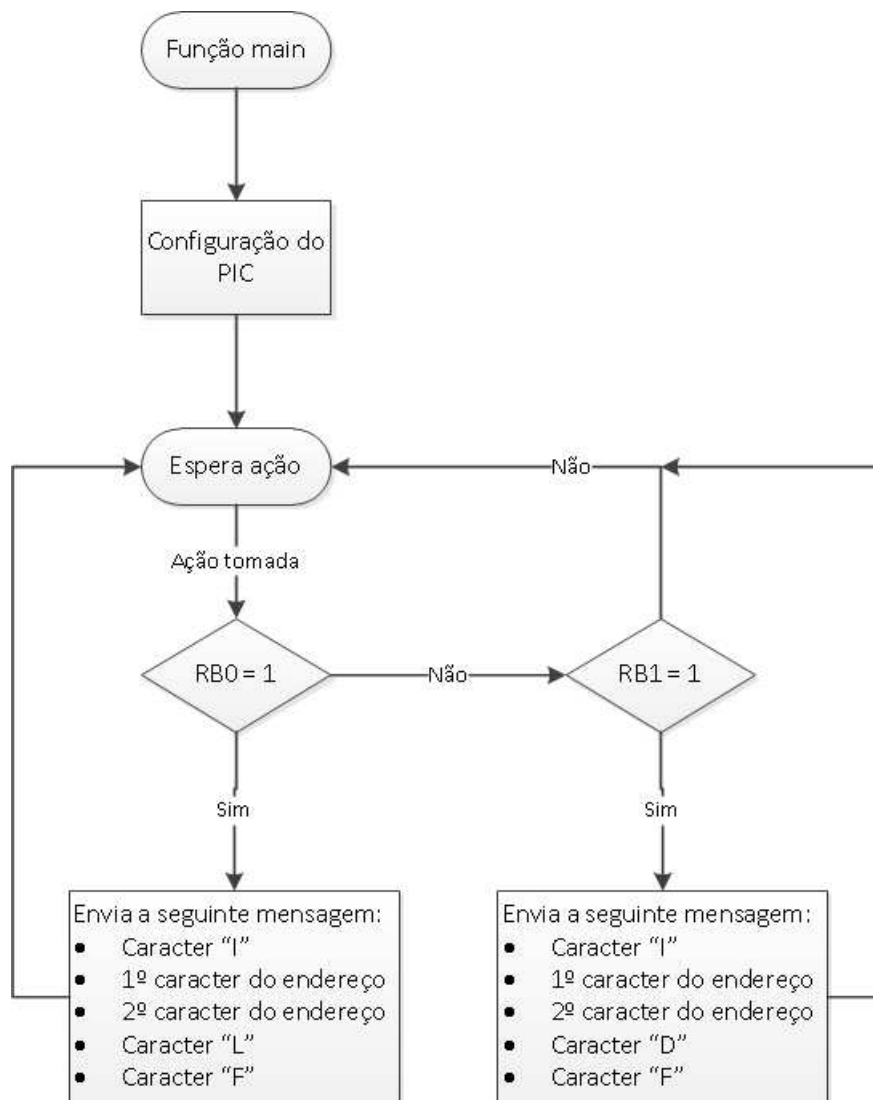


Figura 4.14: Fluxograma da função "main" do dispositivo RF transmissor

A Figura 4.15 mostra a montagem do dispositivo RF transmissor (protótipo).

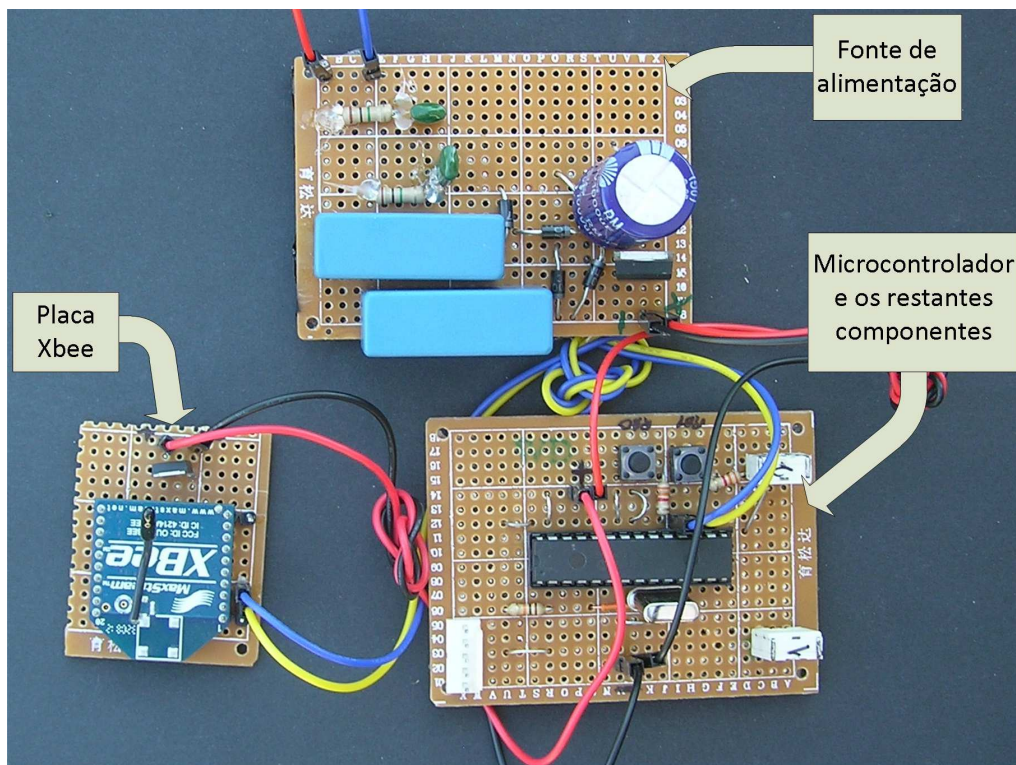


Figura 4.15: Dispositivo RF transmissor montado

#### 4.1.4 Dispositivo RF Recetor

Os dispositivos de RF recetor foram desenvolvidos para demonstrar a possibilidade de controlar a iluminação e os sistemas de AVAC de uma habitação através de RF. Estes dispositivos irão receber as mensagens provenientes do equipamento central, referido na secção 4.3.

Estes dispositivos são compostos por:

- Uma fonte de alimentação (referida anteriormente);
- Uma placa Xbee (referida anteriormente);
- Um microcontrolador PIC16F876;
- Um cristal 20Mhz;
- Dois potenciómetros rotativos de 2200 $\Omega$ ;
- Um *led*;

- Uma resistência de 10k;
- Uma resistência de 2k2.

Na Figura 4.16 é representado o esquema elétrico do dispositivo RF recetor.

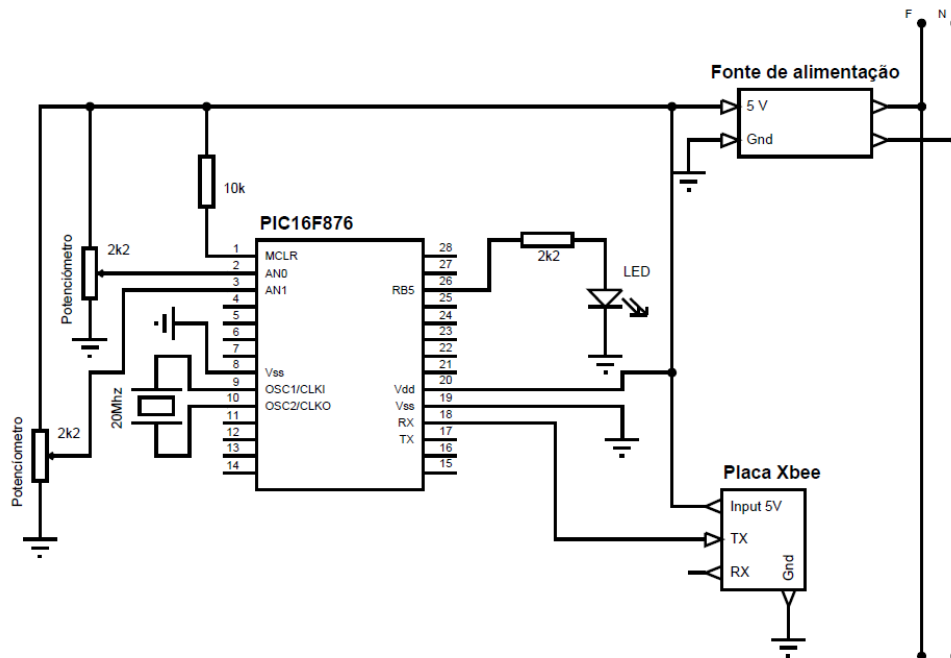


Figura 4.16: Esquema elétrico do dispositivo RF recetor

Os dois potenciômetros foram utilizados para efetuar a seleção dos endereços, utilizando o mesmo método referido no subcapítulo anterior (Tabela 4.1). Os dois pinos utilizados foram o pino AN0 (para o 1º caracter do endereço) e o pino AN1 (para o 2º caracter do endereço).

O *led* inserido neste dispositivo foi colocado de modo a indicar quando são ativados ou desativados os sistemas de AVAC ou a iluminação. O *led* podia ser substituído por um relé e, desta forma, já seria possível a ativação ou desativação dos sistemas de AVAC ou da iluminação.

O algoritmo utilizado para a deteção das mensagens está indicado no fluxograma da Figura 4.17. O microcontrolador só irá começar a armazenar a mensagem após ter recebido um caracter "I", sendo que o processo termina quando for recebido um caracter "F". Seguidamente, o microcontrolador avalia a mensagem recebida

e decide se deve ativar ou desativar o *led*.

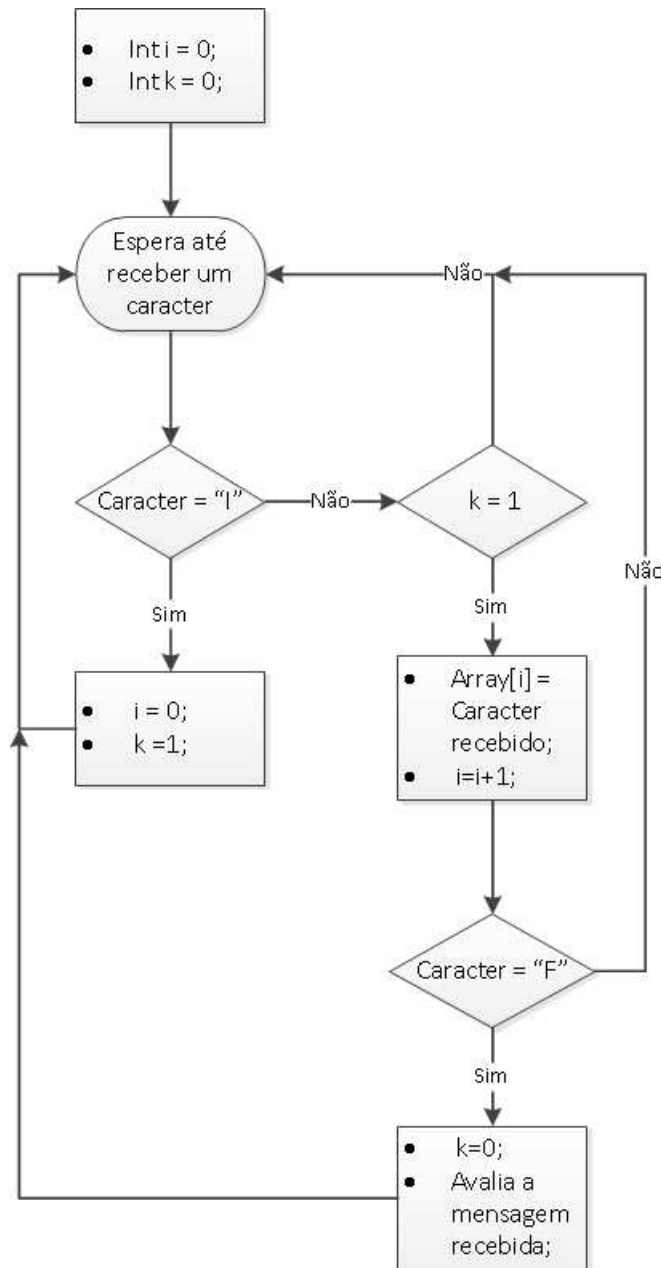


Figura 4.17: Algoritmo utilizado na detecção da mensagem

No código desenvolvido para este dispositivo, foram utilizadas duas funções, nomeadamente, a função "timer" e a função "main". O funcionamento da função "timer" é o mesmo referido nos dispositivos RF transmissores, em relação ao funcionamento da função "main" é representado um fluxograma na Figura 4.18.

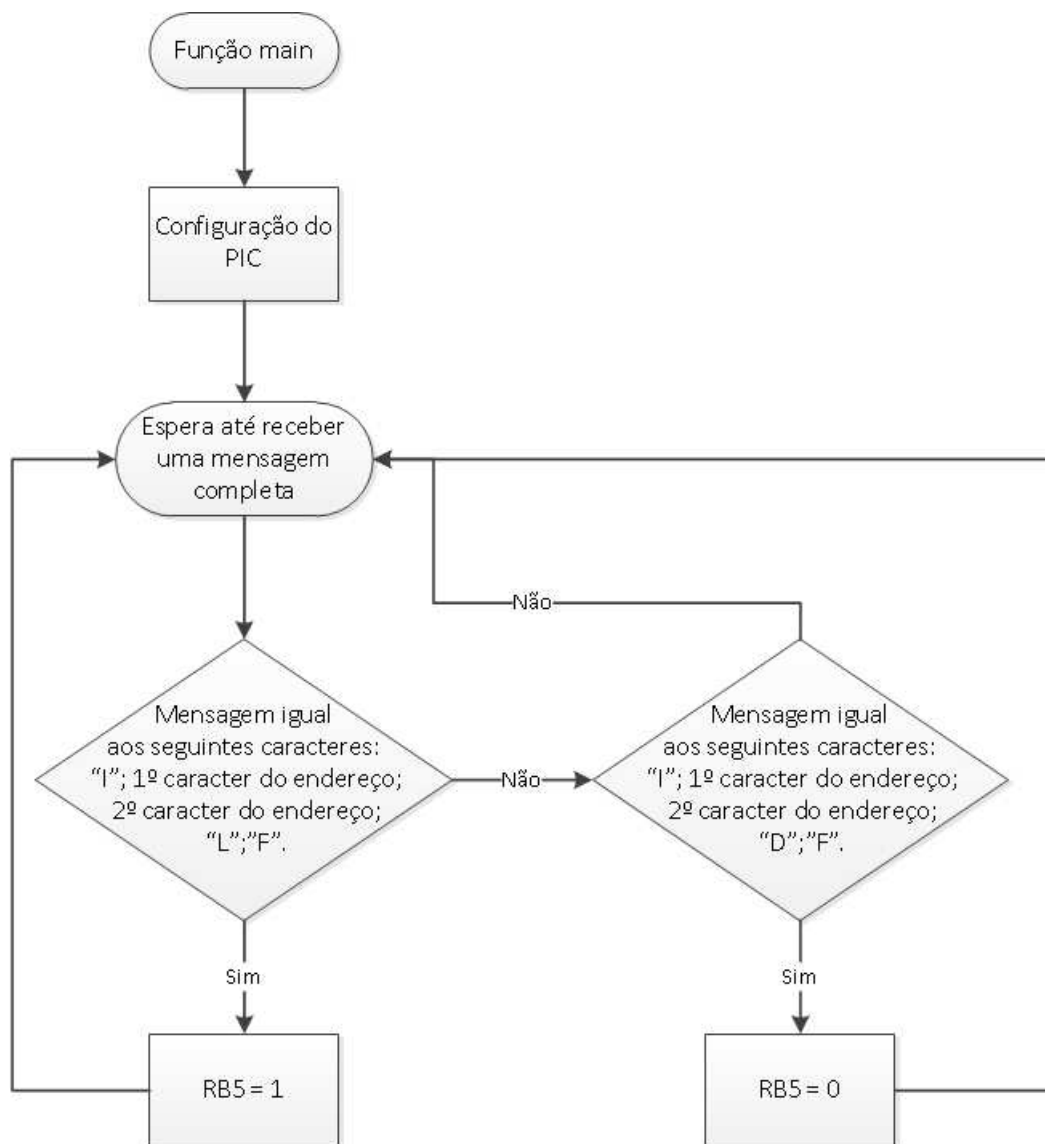


Figura 4.18: Fluxograma da função "main" do dispositivo RF recetore

A Figura 4.19 ilustra o dispositivo RF recetor montado (protótipo).

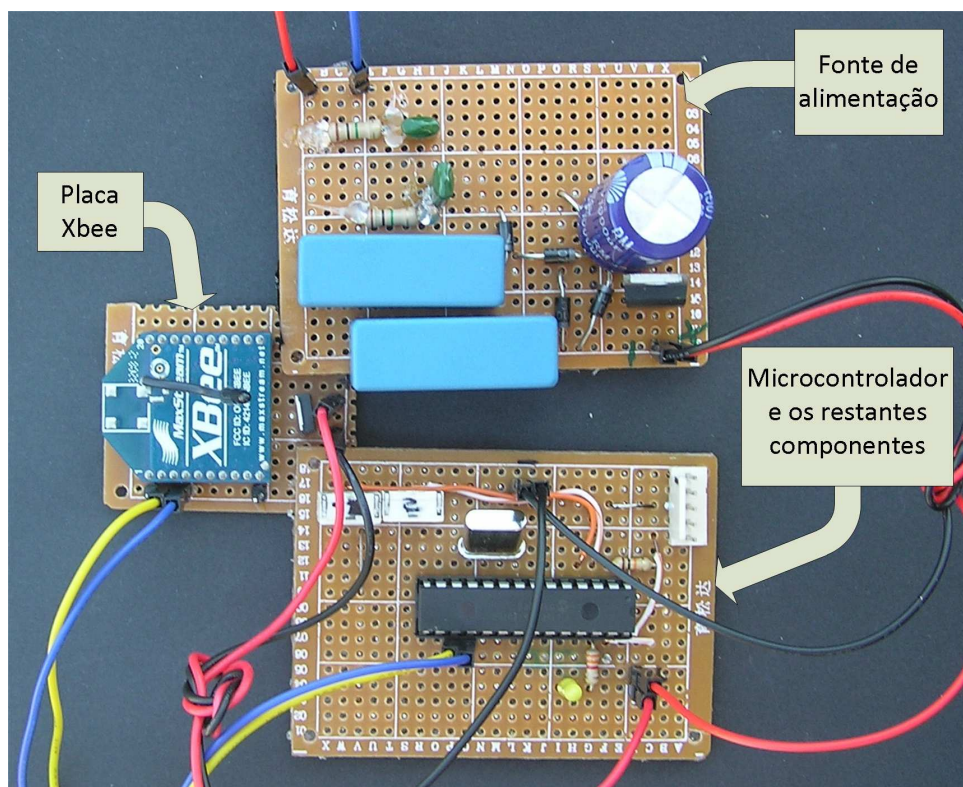


Figura 4.19: Dispositivo RF recetor montado

## 4.2 Comunicação com o autómato industrial

O autómato utilizado foi o FATEK FBs-20MC (Figura 4.20), disponível no laboratório. Com ele pretendeu-se controlar sistemas de rega e abrir/fechar portões e portas de acesso. Para atingir este objetivo, o autómato teve de ser configurado de modo a ser possível comunicar com ele. O programa utilizado para efetuar essa configuração foi o *WinProLadder*. A Figura 4.21 mostra uma imagem do programa.



Figura 4.20: Autómato industrial (FATEK-FBs-20MC)



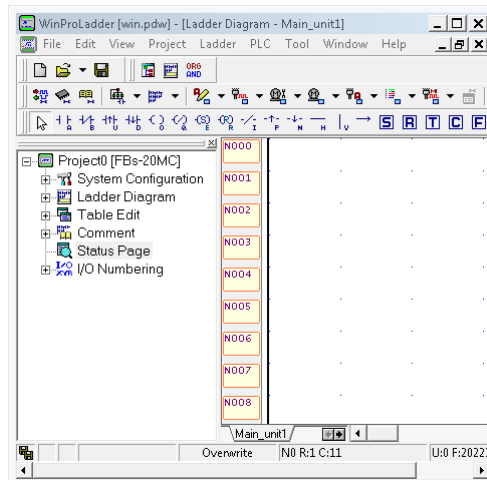


Figura 4.21: Programa *WinProladder*

O autômato foi configurado através da porta *Ethernet*. Foi escolhida a porta 3 (Rs232) para comunicar com o autômato, de forma a ser possível ativar e desativar saídas do autômato. Esta porta foi configurada como *ModBus ASCII(Slave)*, com um *Baud Rate* de 9600, nenhum bit de paridade, 8 bits de dados e um *stop* bit. É possível visualizar uma imagem da configuração desta porta na Figura 4.22.

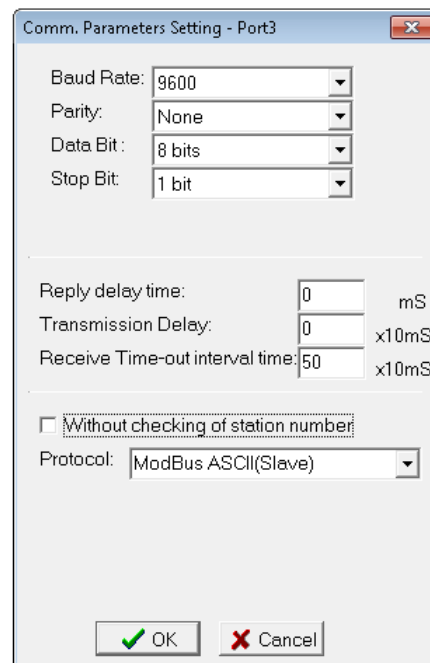


Figura 4.22: Configuração da porta 3 (Rs232)



Outra configuração necessária foi a do endereço do autômato, de modo a ter o endereço "1". Na Figura 4.23 pode-se ver uma janela da configuração do endereço.

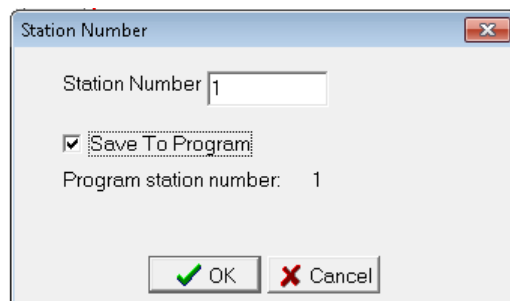


Figura 4.23: Configuração do endereço do autômato

### 4.2.1 Mensagens ModBus - ASCII

As mensagens *ModBus - ASCII* começam sempre com um caracter ":" e terminam sempre com os caracteres "CR" e "LF". Em seguida, na Figura 4.24, é dado um exemplo de uma mensagem completa [19].

Endereço					Função		Posição				Valor				LRC		
‘:’	‘0’	‘1’	‘0’	‘5’	‘0’	‘0’	‘0’	‘4’	‘F’	‘F’	‘0’	‘0’	‘F’	‘7’	CR	LF	

Figura 4.24: Mensagem *ModBus - ASCII*

Correspondência de caracteres:

- "0"e "1" - Endereço do autômato;
- "0"e "5" - Função pretendida;
- "0"e "0" - Posição HI;
- "0"e "4" - Posição LOW (saída Y4);
- "F"e "F" - Valor HI (ativar a saída);
- "0"e "0" - Valor LOW;
- "F"e "7" - Pertencem ao campo LRC (Tabela 4.2).

Tabela 4.2: Cálculo do LRC

	Hex	Binário
	01	0000 0001
	05	0000 0101
	00	0000 0000
	04	0000 0100
	FF	1111 1111
	00	0000 0000
Soma binária		0000 1001
Complemento		1111 0110
+1		+1
LRC		1111 0111 = F7

**Nota:** Os caracteres ":", "CR" e "LF" não são considerados no cálculo do LRC.

Para testar a comunicação com o autômato foi desenvolvido um programa para ambiente Windows no *software Visual Studio*, no qual se pretendia ativar e desativar as saídas do autômato industrial através de uma interface gráfica. É possível visualizar o aspeto gráfico do programa na Figura 4.25.

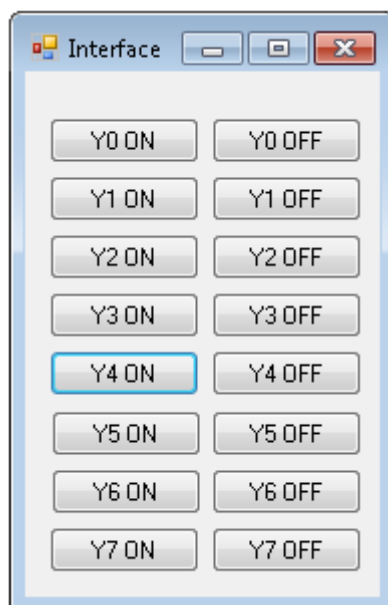


Figura 4.25: Interface para testar a comunicação com o autômato

### 4.3 Equipamento central

Após o desenvolvimento dos dispositivos de radiofrequência e a configuração do autômato industrial passou-se para uma nova fase deste projeto: o desenvolvimento do equipamento central. Este equipamento é o elemento fundamental para o funcionamento da arquitetura proposta.

O equipamento central contém os seguintes componentes:

- Uma fonte de alimentação (referida anteriormente);
- Uma placa Xbee (referida anteriormente);
- Um MAX232;
- Um microcontrolador PIC18F26K22;
- Um cristal 20Mhz;
- Uma resistência de 10k;
- Quatro condensadores de  $1\mu F$ .

Na Figura 4.26 é representado o esquema elétrico do equipamento central.

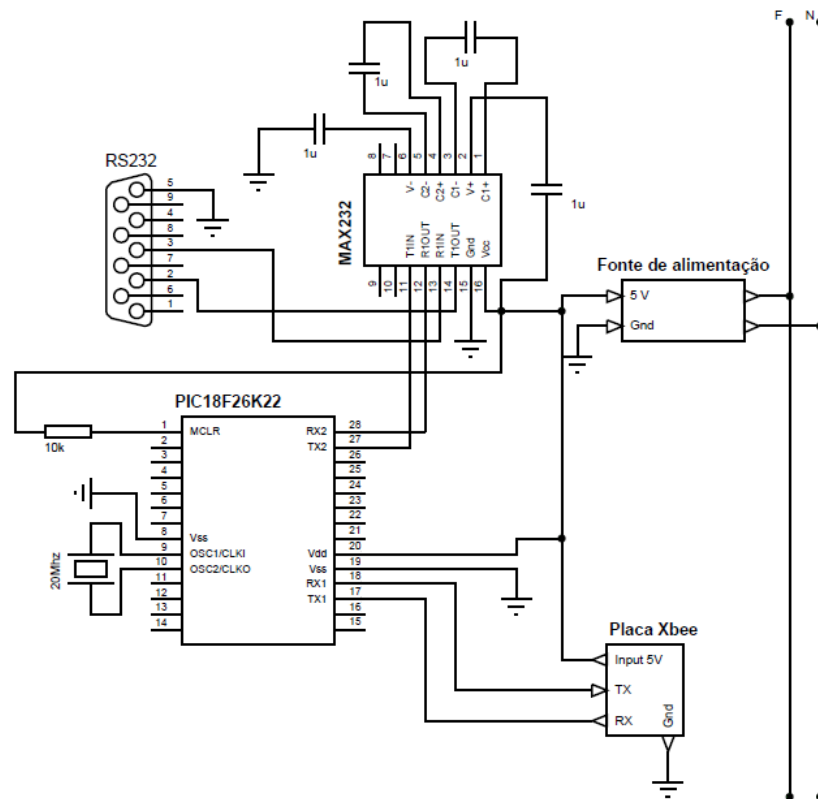


Figura 4.26: Esquema elétrico do equipamento central

A função principal deste equipamento é permitir que os dispositivos RF transmissores possam comunicar com os dispositivos RF recetores, com o autómato industrial e com o computador, permitindo, assim, controlar o sistema de rega, a abertura/fecho de portões e de portas de acesso, a iluminação e os sistemas de AVAC.

Relembrando a arquitetura proposta, toda a informação que circula na habitação passa por este equipamento, sendo que ele fica responsável por decidir para onde segue essa informação, após analisar as mensagens recebidas.

Caso seja recebida uma mensagem com um dos endereços indicados na Tabela 3.1, será enviada uma mensagem para o autómato industrial, para os dispositivos RF recetores e para o computador. Exemplificando: se o equipamento central receber a mensagem "IA1LF" será enviada uma mensagem para o autómato industrial para ativar a saída Y0 e, também, será enviada a mensagem ("IA1LF") para os

dispositivos RF recetores. Por último, será enviado a mensagem ("IA1LF") para o computador. Na Figura 4.27 é demonstrado este processo.

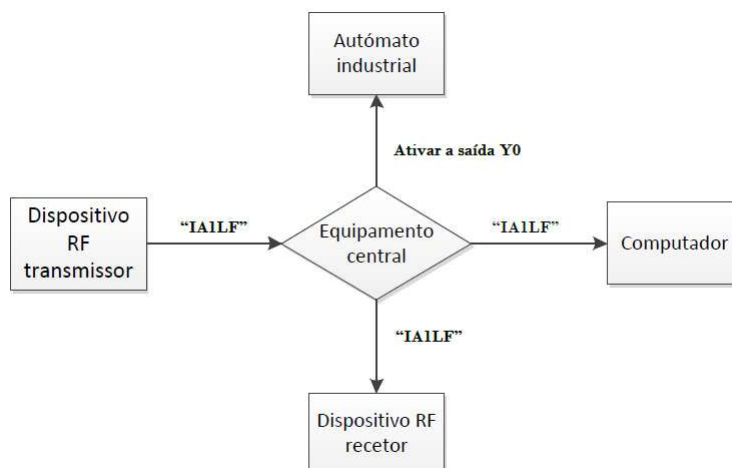


Figura 4.27: Processo usado quando o equipamento central recebe os caracteres "IA1LF"

Porém, se o equipamento central receber uma mensagem que não tenha um dos endereços indicados na Tabela 3.1, a mensagem será enviada apenas para os dispositivos RF recetores e para o computador. Na Figura 4.28 é demonstrado este processo.

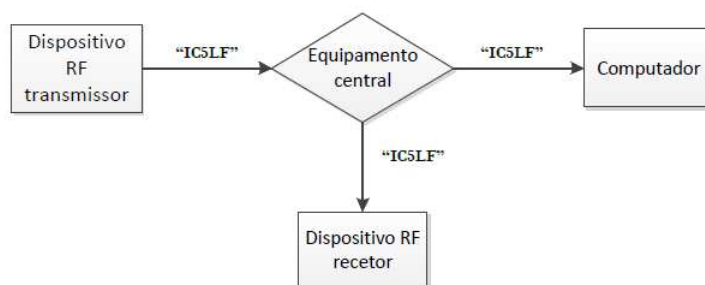


Figura 4.28: Processo utilizado quando o equipamento central recebe os caracteres "IC5LF"

Em relação aos módulos Xbee, estes foram configurados de forma que o módulo Xbee, presente no equipamento central, tenha a capacidade de comunicar com todos os módulos Xbee, ao passo que, os restantes módulos só podem comunicar com o módulo Xbee presente no equipamento central (topologia de rede em estrela).

Para efetuar esta configuração foi utilizado o *software* X-CTU. Na Figura 4.29 pode-se ver um exemplo a demonstrar o processo.

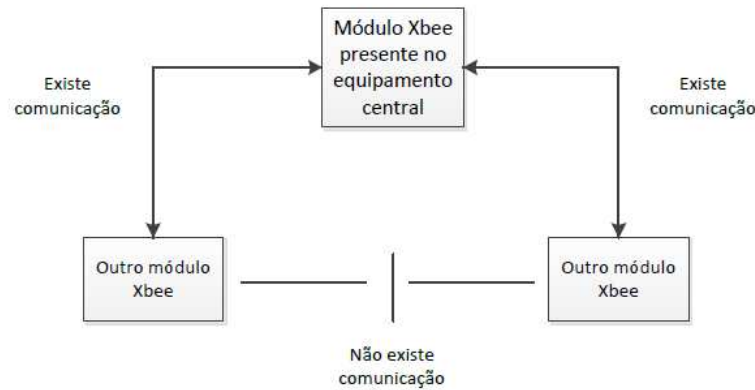


Figura 4.29: Exemplo da configuração dos módulos Xbee

Optou-se por utilizar o PIC18F26K22 pois tem duas portas USART, sendo que uma ficou ligada ao módulo Xbee e a outra ao chip MAX232. Foi utilizado o chip MAX232 com o intuito de converter as tensões TTL para as tensões RS232, de modo a comunicar com o autômato.

Durante uma comunicação Rs232, as tensões podem atingir entre 5 a 25 Volts, positivas ou negativas, ao passo que na comunicação USART, as tensões variam entre 0 e 5 Volts. Na Figura 4.30 é possível observar como é feita a troca das tensões através do chip MAX232.

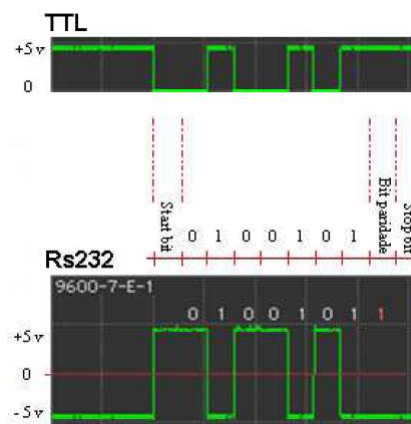


Figura 4.30: Conversão das tensões TTL para tensões Rs232

O algoritmo utilizado para a detecção das mensagens recebidas é o mesmo que foi utilizado nos dispositivos RF recetores (Figura 4.17). O microcontrolador só irá começar a armazenar a mensagem após ter recebido um carácter "I", já que o processo termina quando for recebido um carácter "F". Seguidamente, o microcontrolador avalia a mensagem recebida.

Na Figura 4.31 é representado um fluxograma do funcionamento do código inserido no microcontrolador, após a detecção de uma mensagem completa.

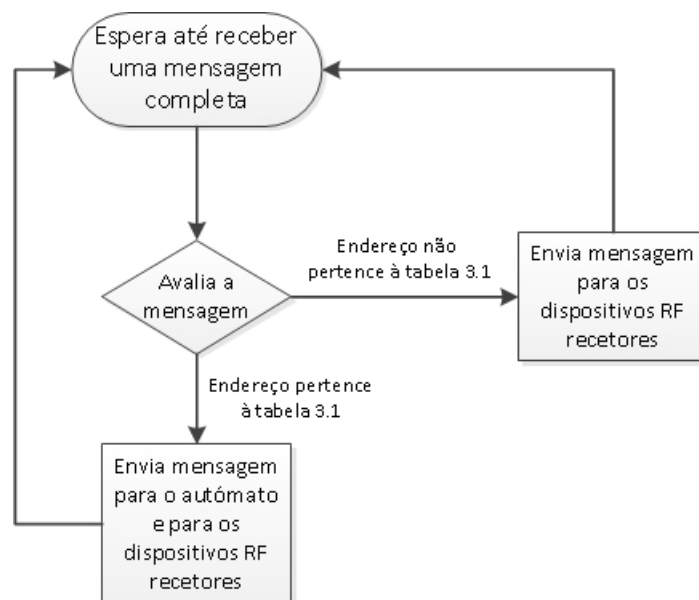


Figura 4.31: Fluxograma do código inserido no equipamento central

A Figura 4.32 mostra o equipamento central (protótipo) montado.

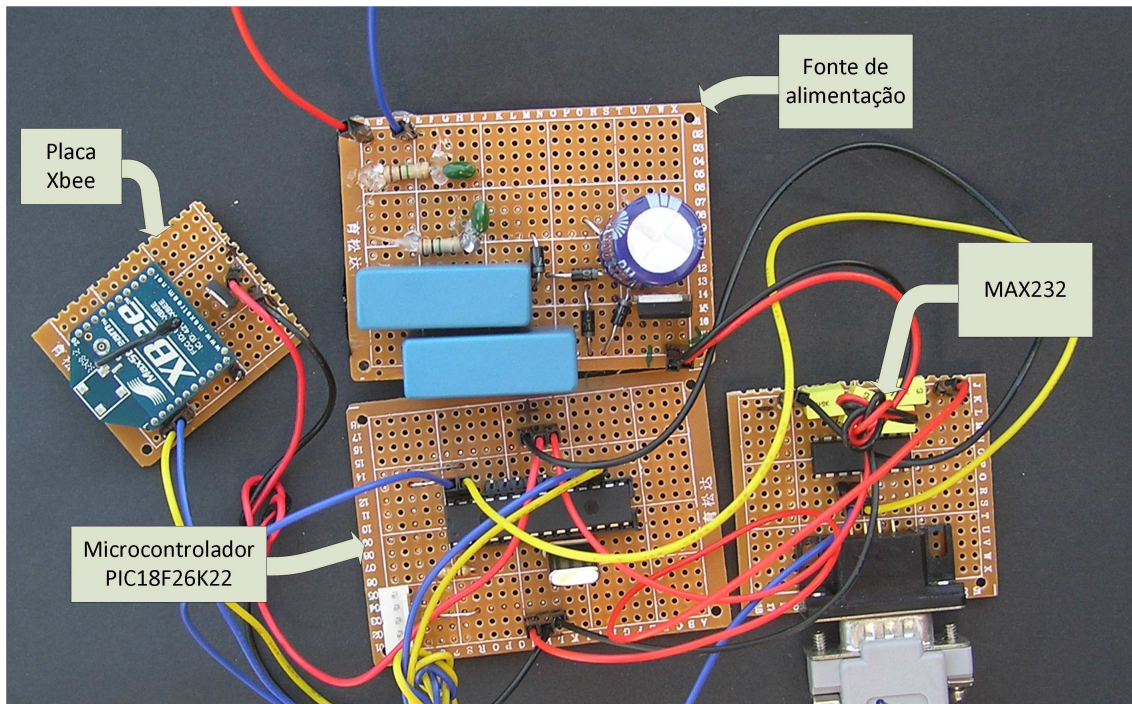


Figura 4.32: Equipamento central montado

## 4.4 Hardware e interface gráfica para o computador

Para conseguir controlar e monitorizar a habitação a partir do computador foi desenvolvido um *hardware* que pudesse comunicar com o equipamento central e uma interface gráfica para que este controlo e monitorização fosse mais dinâmico.

O *hardware* desenvolvido é composto por:

- Uma placa Xbee (referida anteriormente);
- Um chip MAX232;
- Quatro condensadores  $1\mu F$ ;
- Quatro pilhas de 1.2V.

Na Figura 4.33 é representado o esquema elétrico do *hardware* desenvolvido para o computador.



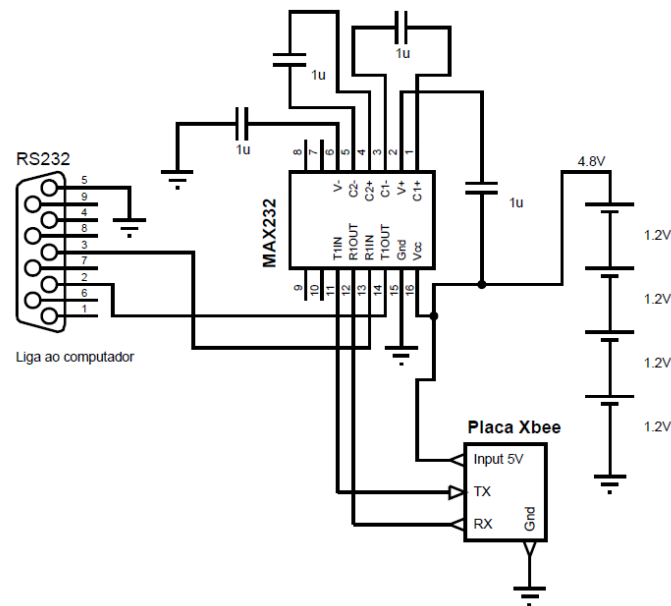


Figura 4.33: Esquema elétrico do *hardware* para o computador

As placas Xbee referidas anteriormente foram utilizadas para ser possível comunicar com o equipamento central. Em relação ao chip MAX232, este foi utilizado com o intuito de converter as tensões Rs232 para as tensões TTL. As quatro pilhas utilizadas servem de fonte de alimentação.

Na Figura 4.34 é possível ver o *hardware* desenvolvido.

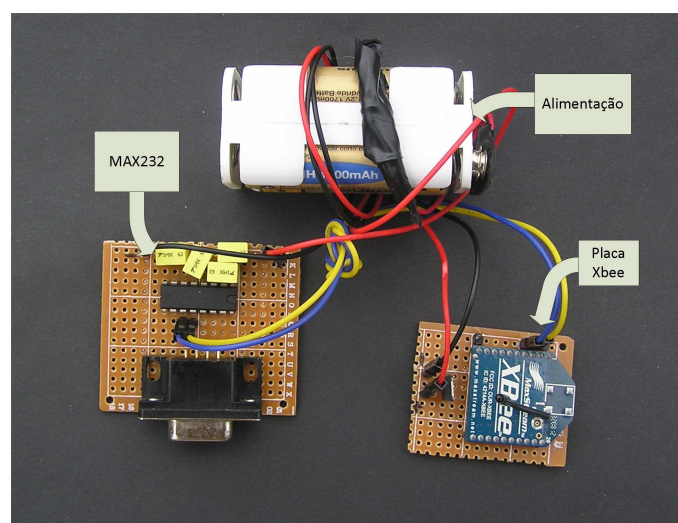


Figura 4.34: *Hardware* para o computador montado

Relativamente à interface gráfica, esta foi desenvolvida no *software Visual Studio*, de forma a controlar e monitorizar a habitação demonstrada na Figura 4.1. Outro objetivo foi registar todos os acontecimentos. Na Figura 4.35 pode-se ver a janela principal da interface gráfica para controlar e monitorizar a habitação.

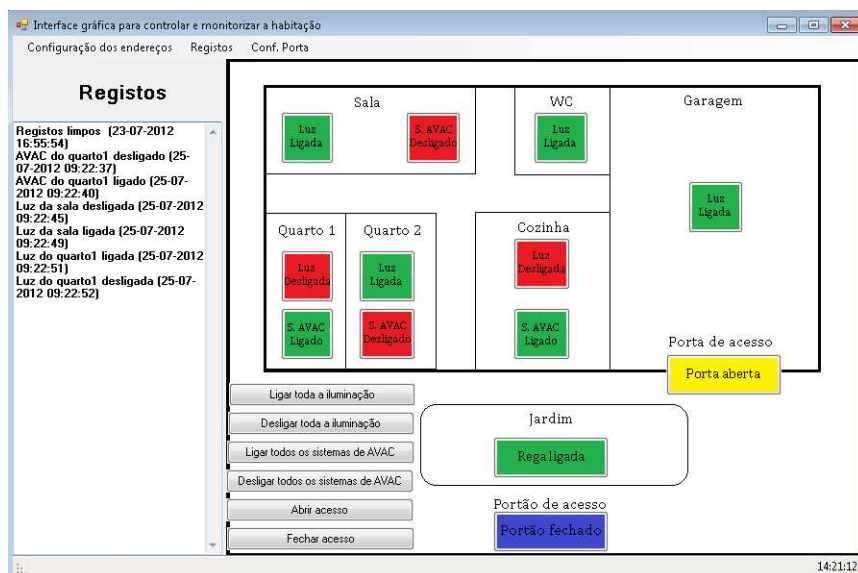


Figura 4.35: Janela principal da interface gráfica para controlar e monitorizar a habitação.

O controlo dos diversos parâmetros é efetuado na própria planta da habitação, sendo possível alterar vários parâmetros simultaneamente, através dos botões:

- "Ligar toda a iluminação";
- "Desligar toda a iluminação";
- "Ligar todos os sistemas de AVAC";
- "Desligar todos os sistemas de AVAC";
- "Abrir acesso";
- "Fechar acesso";

A configuração dos endereços dos dispositivos é efetuada na barra de tarefas, no ícone "Configuração dos endereços". De seguida, só será necessário escolher o compartimento (Figura 4.36). Na Figura 4.37 é representada a janela que irá aparecer de seguida.

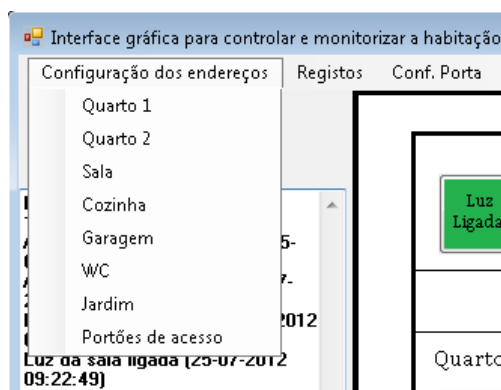


Figura 4.36: Menu "Configuração dos endereços"



Figura 4.37: Janela da configuração dos endereços do quarto 1

Em relação ao ícone "registos" (Figura 4.38), este é utilizado para limpar os registos ou gravar os registos em disco. Sobre o ícone "Conf. Porta" (Figura 4.39), este serve para escolher a porta COM onde está ligado o *hardware* desenvolvido.



Figura 4.38: Menu "Registos"

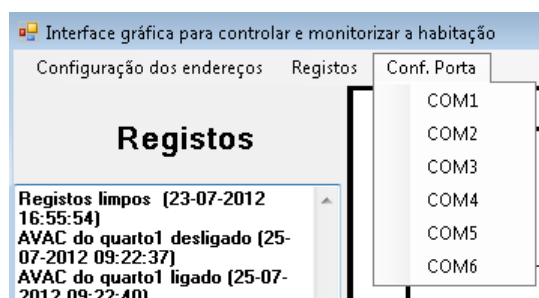


Figura 4.39: Menu "Conf. Porta"

## Capítulo 5

### Conclusão

Esta dissertação debruça-se sobre a área da domótica, pretendendo-se propor e implementar uma nova abordagem para o controlo de edifícios e habitações. Esta perspetiva passou pela interligação de vários sistemas, permitindo assim ter diversos sistemas a funcionar no mesmo lugar, existindo comunicação entre os mesmos.

Para começar, foi realizado um estudo dos sistemas domóticos já existentes, nomeadamente, o sistema X10, o sistema EIB, o sistema KONNEX, a tecnologia CEBus e, por último, o sistema LonWorks, de forma a introduzir alguns conceitos desta área.

Seguidamente, foi proposta uma arquitetura com capacidade de interligar os vários sistemas, optando-se pelo sistema X10, o sistema EIB, autómatos industriais, dispositivos RF e um computador. Este último foi escolhido para permitir o controlo dos edifícios e habitações registando todos os acontecimentos do processo.

Posteriormente, foi implementada parte da arquitetura, nomeadamente dispositivos RF, um autómato industrial e um computador. Inicialmente, foram desenvolvidos os dispositivos RF. De seguida foi estabelecida a comunicação com o autómato industrial e foi desenvolvido o equipamento central (sendo este o equipamento fundamental da arquitetura proposta). Por último, foi desenvolvida uma interface gráfica.

Para o desenvolvimento dos dispositivos RF foi utilizado um microcontrolador PIC16F876 e módulos Xbee, observando-se a possibilidade da criação de uma rede

domótica através dos mesmos. Os dispositivos RF têm, também, como vantagem o facto de não ser necessário a utilização de cablagem, originando uma instalação prática.

No que concerne a comunicação com o autómato industrial, foi utilizada a comunicação *Modbus ASCII(Slave)*. Através do uso do autómato verificou-se a sua fiabilidade e adaptabilidade, no controlo de edifícios e habitações.

Após desenvolver os dispositivos RF e estabelecer a comunicação com o autómato industrial, foi desenvolvido o equipamento central de forma a interligar os dois sistemas. Este equipamento utiliza o PIC18F26K22, pois contém duas portas USART's, sendo uma utilizada para a comunicação com os dispositivos RF (através do módulo Xbee) e outra para a comunicação com o autómato industrial (através do cabo Rs232). Este equipamento central apresenta como vantagem a possibilidade de interligar os dois sistemas, permitindo a alteração de uma saída do autómato industrial através do dispositivo RF.

No âmbito da interação com o utilizador, foi desenvolvida uma interface gráfica para ambiente Windows no *software Visual Studio*, de forma a permitir ao utilizador o controlo e monitorização da habitação através do computador. Esta interface apresenta como vantagens, o facto de registar todos os acontecimentos, oferecer uma visualização de todos os parâmetros da habitação e permitir controlar e monitorizar a habitação.

A arquitetura proposta é uma arquitetura centralizada. Devido a este facto só poderá funcionar com a presença do equipamento central. Esta arquitetura pode ser aplicada em edifícios e em habitações onde se pretende ter em funcionamento vários sistemas distintos, permitindo a comunicação entre eles.

Relativamente à parte da arquitetura implementada, esta funcionou como esperado, permitindo a interligação entre os dois sistemas, os dispositivos RF e o autómato industrial. Isso possibilitou controlar e monitorizar vários parâmetros da habitação.

No que diz respeito à proposta de trabalhos futuros, o equipamento central de-

---

envolvido poderia ser melhorado da seguinte forma:

- Introduzir a comunicação com os dispositivos do sistema EIB;
- Introduzir a comunicação com os dispositivos do sistema X10.

Desta forma, a arquitetura esplanada anteriormente ficaria completa.





# Bibliografia

- [1] EuroX10 Distribuidor Europeu de produtos de domótica, **História do X-10**. [em linha]. [Consult. em 3 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://www.eurox10.com/Content/X10History.htm>
- [2] Wikipedia, **X10 (industry standard)**. [em linha]. [Consult. em 6 de Fevereiro de 2012]. Disponível em [http://en.wikipedia.org/wiki/X10\\_%28industry\\_standard%29](http://en.wikipedia.org/wiki/X10_%28industry_standard%29)
- [3] MARMITEX, **LM12**. [em linha]. [Consult. em 6 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://www.marmitek.com/en/product-details/home-automation-security/x-10-home-automation/plugin-modules/lm12.php>
- [4] EuroX10 Distribuidor Europeu de produtos de domótica, **Teoria da transmissão de sinais X-10**. [em linha]. [Consult. em 15 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://www.eurox10.com/Content/X10SignalTheory.htm>
- [5] Wikipedia, **EIB**. [em linha]. [Consult. em 21 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/EIB>
- [6] Scribd, **EIB - European Installation Bus**. [em linha]. [Consult. em 23 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/42511234/EIBA>
- [7] NUNES, Renato Jorge Caleira, **Análise Comparativa de Tecnologias para Domotica**. [em linha]. [Consult. em 29 de Fevereiro de 2012]. Disponível em <http://domobus.net/docs/02-JEACI02.pdf>
- [8] PALMA, Diana, **Domótica KNX/EIB de Baixo Custo**, Março 2008, Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [9] Kenneth P. Wacks, **INTRODUCTION TO THE CEBUS COMMUNICATIONS PROTOCOL**. [em linha]. [Consult. em 7 de Março de 2012].

- Disponível em <http://hometoys.com/emagazine.php?url=/htinews/aug97/articles/kwacks/kwacks.htm>
- [10] Grayson Evans, **CEBus Demystified: The ANSI/EIA 600 User's Guide**, Março de 2001, McGraw-hill Professional Publishing.
- [11] Amitava Dutta-Roy, **"Networks for Homes" in Spectrum**, IEEE, Dezembro de 1999.
- [12] SILVA, António André Jácome Pereira da, **VisãoWeb - vigilância e controlo remoto**. Porto, Maio de 2005. Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- [13] Loy Dietmar, Dietrich Dietmar, **Open Contral Networks: Lonworks/Eia 709 Technology**, Outubro de 2001, Kluwer Academic Publishers.
- [14] ECHELON Corporation, **Introduction to the LONWORKS System**, Version 1.0.
- [15] MKTI, **Kit Active Home**. [em linha]. [Consult. em 20 de Abril de 2012]. Disponível em <http://www.mkti.pt/active-home-pe%C3%A7as-p-1112.html>
- [16] Wireless ZigBee, **Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4)**. [em linha]. [Consult. em 25 de Maio de 2012]. Disponível em <http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>
- [17] ANTRATEK, **ZigBee / XBee modules for wireless communication**. [em linha]. [Consult. em 30 de Maio de 2012]. Disponível em <http://www.antratek.com/ZigBee-XBee.html>
- [18] ALVES, José Augusto, **Casa Intelegentes**, CENTROATLANTICO.PT, 2003
- [19] SANTOS, José Paulo, **MODBUS - PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO**, Universidade de Aveiro, 2011
- [20] FERREIRA, Fábio, **Building Intelligence Open System (BIOS)**, Dezembro de 2010, Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
- [21] REINSINH, Christian, **Wireless Communication in Home and Building Automation**, Fevereiro de 2007

- [22] Li-Chien Huang, Hong-Chan Chang, Cheng-Chung Chen, Cheng-Chien Kuo, **A ZigBee-based monitoring and protection system for building electrical safety**, 2011, Artigo escrito no Department of Electrical Engineering, National Taiwan University of Science and Technology, 43, Sec. 4, Keelung Rd., Taipei, Taiwan.